

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Теплоенергетичний факультет

Кафедра теоретичної і промислової теплотехніки

«На правах рукопису»  
УДК 620.9:697.32

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Геннадій ВАРЛАМОВ  
(підпис) (ім'я, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

на тему: «Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області»

Виконав: студент II курсу, групи ТП-91мп

Новіцький Дмитро Іванович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доц. Петро БАРАБАШ

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант з охорона праці доцент, к.т.н. Сергій КАШТАНОВ

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

(назва розділу)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, ім'я, прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає  
запозичень з праць інших авторів без відповідних  
посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет Теплоенергетичний

Кафедра Теоретичної і промислової теплотехніки

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 144 «Теплоенергетика».

ОПП «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_  
(підпис) Геннадій ВАРЛАМОВ  
(ім'я, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Новицькому Дмитру Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області».

науковий керівник дисертації Барабаш Петро Олексійович, к.т.н., доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом дисертації 21.12.2020 р.

3. Об'єкт дослідження Парова котельня м'ясо-комбінату в м. Вишневе

4. Вихідні дані

- 1) Загальна парова потужність котельної 4т/год.
- 2) Котельня відпускає пару тиском 0,7МПа
- 3) Температурний графік теплової мережі – 95/55 °С.
- 4) Наявні котли – Е-1/9Г (4 компл.)

5. Перелік завдань, які потрібно розробити

- 1) Розрахувати теплову схему котельні.
- 2) Вибрати основне та допоміжне обладнання котельні.
- 3) Розробити схему та вибрати обладнання хімічної водопідготовки котельні.
- 4) Вибрати обладнання системи газопостачання котельні.
- 5) Виконати аеродинамічний розрахунок газового тракту котельні.
- 6) Виконати порівняльний аналіз утилізаторів теплоти димових газів та обрати утилізаційну установку за наявними котлами.
- 8) Оцінка впливу на навколишнє середовище.
- 9) Розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

6. Орієнтовний перелік графічного матеріалу

- 1) Теплова схема котельні – 1 арк..
- 2) Розміщення обладнання котельні – 1 арк..

3) Розміщення паропроводів в котельні (плани, розрізи) – 4 арк..

4) Газопостачання котельні:

- схема газопроводів – 1 арк.;

- розміщення обладнання - 1 арк..

7. Консультанти розділів дисертації\*

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Сергій КАШТАНОВ, доцент		

8. Дата видачі завдання 28.10.2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Теплова схема	04.11.2020 р.	
2	Вибір обладнання	08.11.2020 р.	
3	Водопідготовка	11.11.2020 р.	
4	Газопостачання	14.11.2020 р.	
5	Аеродинамічні розрахунки газоходів	17.11.2020 р.	
6	Утилізація теплоти	20.11.2020 р.	
7	Техніко-економічний розрахунок	23.11.2020 р.	
8	Оцінка впливу на навколишнє середовище	25.11.2020 р.	
9	Охорона праці	27.11.2020 р.	
		29.11.2020 р.	
10	Креслення		
10.1	Теплова схема котельні	20.11.2020 р.	
10.2	Розміщення обладнання	25.11.2020 р.	
10.3	Розміщення трубопроводів	29.11.2020 р.	
10.4	Газопостачання котельні	01.12.2020 р.	
11	Оформлення пояснювальної записки	07.12.2020 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Дмитро НОВІЦЬКИЙ  
(ім'я, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

Петро БАРАБАШ  
(ім'я, прізвище)

\* Консультантом не може бути зазначено наукового керівника магістерської дисертації.

**Пояснювальна записка  
до магістерської дисертації  
за освітньо-професійною програмою**

на тему: «Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області»

Київ – 2020 року

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на здобуття ступеня магістра за освітньо-професійною програмою підготовки на тему: «Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області» 98 с., 8 рис., 12 табл., дод., 8 креслеників формату А1.

Об'єкт розробки – парова котельня.

Мета роботи – модернізація котельні з метою безперебійної почачі пари та безперервного виконання робочого процесу.

Існуюча котельня введена в експлуатацію в 1989 році з чотирма паровими котлами типу Е-1/9Г (МЗК-7). Загальна парова потужність котельної 4т/год. Котельня відпускає пару тиском 0,7МПа

Наведені розрахунки теплової схеми котельні, вибір основного та допоміжного обладнання, аеродинамічний розрахунок газового тракту.

Проектом передбачається встановлення сучасного більш ефективного котельного обладнання виробництва котлобудівного заводу BBS, GmbH (Німеччина) типу HD4000-10, паропродуктивністю 4 т/годину кожний.на місці та замість фізично спрацьованого з ККД не більше 85%. Зріст продуктивності котельні відповідає очікуваному збільшенню випуску основної продукції м'ясокомбінату.

Розроблений стартап-проект, в результаті техніко-економічних розрахунків показано, що встановлення теплоутилізаційної установки з поверхневими калориферами дає економічний ефект.

Передбачені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** котельня, реконструкція, опалення, гаряче, водопостачання, вентиляція, теплові, втрати, котел, теплопостачання, димова, труба, теплообмінник, насос, арматура, зворотній, клапан, втрати.

## SUMMERY

Master's dissertation for a master's degree in the educational and professional training program on the topic: "Modernization of the steam boiler room of the meat-packing plant in Vyshneve, Kyiv region" 98 pp., 8 figures, 12 tables, additions, 8 drawings of the format A1.

The object of development is a steam boiler house.

The purpose of the work is the modernization of the boiler house with the aim of uninterrupted steam start and continuous execution of the work process.

The existing boiler house was put into operation in 1989 with four steam boilers type E-1 / 9G (MZK-7). The total steam capacity of the boiler room is 4 t / h. The boiler room releases steam at a pressure of 0.7 MPa

The calculations of the thermal scheme of the boiler room, the choice of the main and auxiliary equipment, the aerodynamic calculation of the gas path are given.

The project envisages the installation of modern more efficient boiler equipment manufactured by the boiler plant BBS, GmbH (Germany) type HD4000-10, with a steam productivity of 4 t / hour each. The increase in the productivity of the boiler house corresponds to the expected increase in the output of the main products of the meat-packing plant.

The startup project is developed, as a result of technical and economic calculations it is shown that installation of the heat utilization installation with surface heaters gives economic effect.

Measures for labor protection and safety in emergency situations are provided.

**KEY WORDS:** boiler room, reconstruction, heating, hot, water supply, ventilation, heat, losses, boiler, heat supply, chimney, pipe, heat exchanger, pump, fittings, check, valve, losses.

## РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на соискание степени магистра по образовательно-профессиональной программе подготовки на тему: «Модернизация паровой котельной мясокомбината в г.. Вишневое, Киевской области» 98 с., 8 рис., 12 табл., Доп., 8 чертежей формата А1.

Объект разработки - паровая котельная.

Цель работы - модернизация котельной с целью бесперебойной подачи пара и непрерывного выполнения рабочего процесса.

Существующая котельная введена в эксплуатацию в 1989 году с четырьмя паровыми котлами типа Е-1 / 9Г (МЗК-7). Общая паровая мощность котельной 4т / ч. Котельная отпускает пар давлением 0,7МПа

Приведенные расчеты тепловой схемы котельной, выбор основного и вспомогательного оборудования, аэродинамический расчет газового тракта.

Проектом предусматривается установление современного более эффективного котельного оборудования производства котлобудивного завода BBS, GmbH (Германия) типа HD4000-10, паропроизводительностью 4 т / час кожный на месте и вместо физически изношенного с КПД не более 85%. Рост производительности котельной соответствует ожидаемому увеличению выпуска основной продукции мясокомбината.

Разработанный стартап-проект, в результате технико-экономических расчетов показано, что установление теплоутилизационных установок с поверхностными калориферами дает экономический эффект.

Предусмотрены мероприятия по охране труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** котельная, реконструкция, отопление, горячее, водоснабжение, вентиляция, тепловые, потери, котел, теплоснабжения, дымовая труба, теплообменник, насос, арматура, обратный, клапан, потери.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, скорочень, термінів.....	9
Вступ.....	10
1 Теплова схема котельної.....	11
1.1 Описання теплової схеми.....	11
1.2 Вихідні дані.....	13
1.3 Розрахунок теплової схеми.....	16
1.4 Заходи з енергозбереження.....	25
1.5 Висновки до розділу 1.....	26
2 Вибір обладнання котельної.....	27
2.1 Вибір котлів.....	27
2.2 Вибір системи водопідготовки.....	27
2.3 Вибір деаератора.....	30
2.4 Вибір насосів.....	32
2.5 Розрахунок димової труби.....	33
2.6 Висновок до розділу 2.....	38
3 Вибір охолодника безперервного продування.....	39
3.1 Вихідні дані.....	39
3.2 Тепловий розрахунок.....	39
3.3 Гідравлічний розрахунок.....	46
3.4 Висновки до розділу 3.....	48
4 Вибір утилізатора теплоти відхідних газів.....	49
4.1 Вихідні дані.....	49
4.2 Тепловий розрахунок.....	49
4.3 Підбір утилізаційної установки.....	52
4.4 Висновки до розділу 4.....	58
5 Розробка стартап-проекту.....	59
5.1 Визначення капітальних вкладень в котельню.....	59
5.2 Витрати при експлуатації обладнання.....	61
5.3 Економічний ефект від застосування утилізатора теплоти відхідних газів.....	62

					ТП 91мп 52 02 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<div>Парова котельня.</div> <div>Модернізація</div> <div>Пояснювальна записка</div>		
Студент	Новіцький						
Керівник	Барабаш						
Н. Контр.	Боженко						
П. Контр.							
Зав. каф.	Варламов				<div>КПП ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ,</div> <div>Кафедра ТПТ</div>		
					Стадія	Арк.	Акрюшів
					МЛп	7	102



5.4	Економічний ефект від застосування охолодника безперервного продування.....	65
5.5	Висновки до розділу 5.....	68
6	Оцінка впливу на навколишнє середовище.....	69
6.1	Підстави для проведення ОВНС.....	69
6.2	Фізико-географічна та кліматична характеристика району розташування підприємства.....	70
6.3	Загальна характеристика виробництва в зоні його впливу.....	71
6.4	Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливів на нього.....	72
6.5	Оцінка впливу планованої діяльності на навколишнє соціальне середови.....	82
6.6	Оцінка впливу планованої діяльності на навколишнє техногенне середовище.....	83
6.7	Заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки.....	83
6.8	Комплексна оцінка впливів проектованої діяльності на навколишнє середовище.....	83
6.9	Висновки до розділу 6.....	84
7	Охорона праці.....	85
7.1	Технічні рішення щодо безпечної експлуатації котельної.....	85
7.2	Технічні рішення по гігієні праці та виробничій санітарії.....	89
7.3	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	92
7.4	Висновки до розділу 7.....	98
	Висновки.....	99
	Список використаної літератури.....	100
	Додатки	
	Додаток А	
	Технічне завдання на проектно-конструкторську розробку.....	101
	Додаток Б	
	Акт впровадження результатів магістерської дисертації.....	103
	Додаток В	
	Результати перевірки на академічний плагіат.....	104

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

### Умовні позначення

$Q$  – теплова потужність;  
 $q$  – питома теплова потужність;  
 $t$  – температура;  
 $G$  – масова витрата ;  
 $L$  – довжина;  
 $F$  – площа поверхні;  
 $f$  – площа поперечного перерізу;  
 $W$  – швидкість;  
 $\alpha$  – тепловіддача;  
 $k$  – теплопередача;  
 $D$  – діаметр;  
 $P$  – тиск;  
 $R$  – питомі витрати тиску на тертя;  
 $V$  – об'єм;  
 $A$  – температурний множник;  
 $Re$  – число Рейнольдса;  
 $Pr$  – критерій Прандтля;  
 $\nu$  – кінематична в'язкість;  
 $\lambda$  – теплопровідність;  $\lambda$   
 $\rho$  – густина

### Індекси

#### Нижні:

$г$  – параметри гарячого теплоносія ;  
 $х$  – параметри холодного теплоносія ;  
 $год$  – годинна витрата;  
 $р$  – розрахункова величина;  
 $з$  – параметри зовнішнього повітря;  
 $вн$  – параметри внутрішнього повітря;  
 $сер$  – середнє значення;  
 $екв$  – еквівалентний;  
 $м$  – місцевий;

#### Верхні:

$max$  –максимальні параметри;  
 $min$  – мінімальні параметри;  
 $зд$  – параметри точки зламу;  
 $ср$ – параметри точки зламу.  
 $л$  – літній період.

## ВСТУП

Проект розроблений на підставі Завдання на проектування заміни котлів в котельній м'ясокомбінату в м. Вишневе.

Існуюча котельня м'ясокомбінату введена в експлуатацію в 1989 році з чотирма паровими котлами типу Е-1/9Г (МЗК-7). Загальна парова потужність котельні 4т/год. Котельня відпускає пару тиском 0,7 МПа і мережну воду за опалювальним графіком 95-70 °С. Транспортування теплоносіїв здійснюється існуючими тепловими мережами.

Одноповерхова будівля котельні прямокутної форми має в плані розміри 27х6 м, висоту 4,8 м до низу балок покриття.

Котельня має діючі системи електропостачання, водопостачання, каналізації, телефонізована та радіофікована.

Джерело водопостачання підприємства і котельні – власні артезианські скважини. Схема хіміводопідготовки для котлів - двоступеневе пом'якшення в натрій катіонітних фільтрах. Продуктивність існуючої деаераторно-живильної установки складає 4 т/год.

Котли працюють на газі низького тиску. Підключена до газопроводу середнього тиску через шафований ГРП. Діаметр газопроводу-вводу середнього тиску Ду50. Резервного палива немає.

Викид димових газів з температурою більше 250 °С здійснюється металевою трубою висотою 30м, діаметром витоку 0,6 м..

У складі котельні є необхідні побутові та санітарні приміщення.

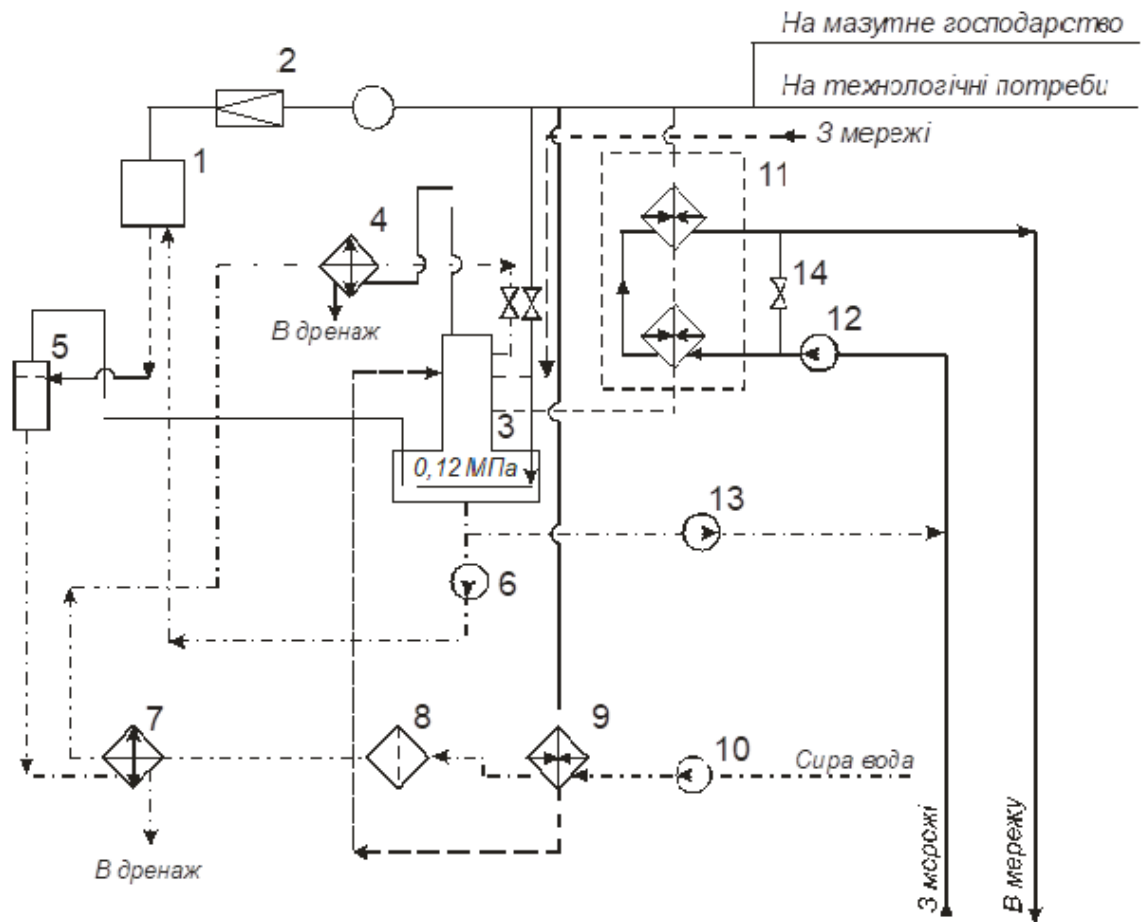
Парові котли котельні є джерелом теплопостачання тільки виробництв підприємства. Режим роботи котлів відповідає технологічному і опалювальному режимам і є безперервним на протязі доби. По надійності теплопостачання котельня відноситься до другої категорії.

Проектом передбачається встановлення сучасного більш ефективного котельного обладнання на місці та замість фізично спрацьованого з ККД не більше 85 %. Зріст продуктивності котельні відповідає очікуваному збільшенню випуску основної продукції м'ясокомбінату.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 ТЕПЛОВА СХЕМА КОТЕЛЬНОЇ

## 1.1 Описання теплової схеми



1 – паровий котел; 2 – рекупераційна охолоджувальна установка; 3 – деаератор живильної води; 4 – охолодник випару деаератора; 5 – сепаратор безперервної продувки; 6 – насос для подавання живильної води; 7 – охолодник продувальної води; 8 – перший ступінь хімічистки води; 9 – підігрівник сирі води; 10 – насос сирі води; 11 – водопідігрівальна установка; 12 – насос мережевої води; 13 – подавальний насос води для підживлення; 14 – перепускний вентиль.

Рисунок 1.1- Теплова схема парової котельні

Теплова схема котельних установок, що встановлюються взамін існуючих парових котлів, розроблена виходячи з умов забезпечення споживачів парою тиском 0,7 МПа, використання конденсату, що повертається від споживачів, підготовки води потрібної якості для живлення котлів та підживлення тепломереж. Конденсат і очищена вода, які складають живильну воду для парових котлів, направляються в проектований атмосферний деаератор поз. К3, К4 для видалення розчиненого кисню.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

Вихідна вода, перед хімічною очисткою, підігрівається в охолоднику продувальної води. Хімічно очищена вода надходить до утилізатора теплоти відпрацьованих газів, а потім, проходячи через охолодник випару деаератора, поступає в деаераційну установку.

З деаератору вода з температурою 104 °С індивідуальними живильними насосами поз. К5 подається на вхід в економайзери, де підігрівається перед входом в котли відхідними димовими газами.

Вироблена котлами насичена пара тиском 0,8 МПа направляється до парового колектору. З колектору пара подається на технологічні потреби, до існуючих підігрівачів мережної води та гарячої води.

Тепловою схемою передбачений відвід дренажів паропроводів в деаераторний бак. Продувка котлів здійснюється в продувальний колодязь (барботер). На продувальному трубопроводі передбачається встановлення дросельної шайби.

Трубопровід безперервного продування котла підключається до сепаратора безперервного продування. Відсепарований пар поступає в деаератор.

Термічна деаерація води проводиться автоматично відповідно тиску та температурі в деаераторі. За умови пріоритетного використання конденсату підтримання рівня води в деаераторі здійснюється клапаном плавного регулювання подачі очищеної води.

Рівень води в котлах регулюється клапанами вузлів живлення кожного котла. Оснащення трубопроводів живлення передбачено з урахуванням економайзерів, які не відключаються по воді від котлів. Враховуючи високі вимоги щодо підтримання рівня води в котлах, об'єм деаераторного баку прийнятий близьким до годинного запасу живильної води.

Тепловою схемою передбачена можливість відбору проб з метою визначення якості конденсату, живильної води, пари. Пристрої відбору проб обладнуються охолоджувачами.

Запобіжні клапани обладнані відвідними трубопроводами, які відводяться назовні на безпечний рівень. Водовідвідні труби від запобіжних клапанів, безнапірні зливи від обладнання приєднуються до існуючих трубопроводів котельні зали, що відводяться до барботера.

Обладнання і трубопроводи котельних установок оснащуються необхідними приладами контролю, захисту і автоматичного регулювання тиску, температури і витрат пари, що виробляється котлами, в залежності від потреб споживачів. Передбачається технічний вимір витрат живильної води, що подається в котли.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 1.2 Вихідні дані

Рівень теплового навантаження споживачів, що приєднуються до котельні, наданий Замовником і наведений в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 — Теплове навантаження

Найменування споживачів	Витрати пари, т/год		
	Максимальний зимовий режим	Режим із середньою температурою найбільш холодного місяця	Літній режим
Технологічні споживачі	2,0	2,0	7,0
На опалення та гаряче водопостачання	1,4	1,0	0,1
Всього	3,4	3,0	7,1

Для промислових котелень розрахунок проводиться для трьох режимів: максимальний зимовий (при розрахунковій температурі навколишнього повітря  $t_n=t_{p.o}$ ), режим, що відповідає середній температурі найбільш холодного місяця, і літній режим [3].

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 — Вихідні дані для розрахунку теплової схеми котельні

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Розрахункові режими			Примітка
			I	II	V	
1	2	3	4	5	6	7
1 Температура зовнішнього повітря	$t_{зовн}$	°C	-22	-4,7	—	
2 Відпуск пари виробничим споживачам	$D_{сп.}$	кг/с	0,556	0,556	1,769	
3 Відпуск пари на опалення і гаряче водопостачання	$D_{mn}$	кг/с	0,389	0,278	0,028	
4 Повернення конденсату від виробничих споживачів	$G_{сп.}$	кг/с	—	—	0,556	
5 Повернення конденсату від теплового пункту	$G_{mn}$	кг/с	0,389	0,278	0,028	
6 Температура конденсату, що повертається від виробничих споживачів	$t_{к.с.}$	°C	—	—	95	
7 Температура конденсату, що повертається від теплового пункту	$t_{mn}$	°C	165	165	165	

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
8 Тиск пари, яка відпускається виробничим споживачам (на виході з котельні)	$P_1$	МПа	0,7	0,7	0,7	
9 Вид палива	Природний газ					
10 Температура деаерованої води після деаератора	$T$	°C	104,5	104,5	104,5	
11 Ентальпія деаерованої води після деаератора	$h_D$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	431,8	431,8	431,8	
12 Температура сирій води на вході в котельню	$T_1$	°C	5	5	15	
14 Міра безперервного продування	$\Pi$	%	5,6	5,6	9,5	
15 Питома втрата пари з випаром із деаератора	$d_{\text{вип}}$	$\frac{\text{кг}}{\text{кг}}$	0,002	0,002	0,002	
16 Коефіцієнт власних потреб хімічної водоочистки	$k_{\text{ХВО}}^{\text{в.п.}}$	—	1,2	1,2	1,2	
1	2	3	4	5	6	7
17 Коефіцієнт внутрішньо котельних втрат	$k_{\text{втр.}}$		0,1	0,1	0,2	
Параметри пари, що виробляється котлоагрегатом						
18 Тиск	$P_1$	МПа	0,8	0,8	0,8	
19 Температура	$\tau_1$	°C	170,4	170,4	170,4	
20 Ентальпія	$h_1$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	2769,3	2769,3	2769,3	
Параметри пари, що утворюється в сепараторі безперервного продування						
21 Тиск	$P_3$	МПа	0,17	0,17	0,17	
22 Температура	$\tau_3$	°C	114,9	114,9	114,9	
23 Ентальпія	$h_3$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	2699,8	2699,8	2699,8	

Продовження таблиці 1.2

Параметри продувальної води на вході в сепаратор безперервного продування						
Параметри пари, яка надходить у охолодник випару з деаератора						
24 Тиск	$P_4$	МПа	0,12	0,12	0,12	
25 Температура	$\tau_4$	°C	104,5	104,5	104,5	
26 Ентальпія	$h_4$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	2682,9	2682,9	2682,9	
Параметри конденсату після охолодника випару						
27 Тиск	$P_5$	МПа	0,12	0,12	0,12	
28 Температура	$\tau_5$	°C	104,5	104,5	104,5	
29 Ентальпія	$h_5$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	422,4	422,4	422,4	
30 Тиск	$P_1$	МПа	0,8	0,8	0,8	
31 Температура	$\tau_1$	°C	170,4	170,4	170,4	
32 Ентальпія	$h_7$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	721,0	721,0	721,0	
Параметри продувальної води на виході з сепаратора безперервного продування						
33 Тиск	$P_3$	МПа	0,17	0,17	0,17	
34 Температура	$\tau_3$	°C	114,9	114,9	114,9	
35 Ентальпія	$h_8$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	482,2	482,2	482,2	
Параметри пари, що надходить в деаератор						
36 Тиск	$P_4$	МПа	0,7	0,7	0,7	
37 Температура	$\tau_3$	°C	165,0	165,0	165,0	
38 Ентальпія	$h_8$	$\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	2763,0	2763,0	2763,0	



### 1.3 Розрахунок теплової схеми

Розрахунок виконано для максимального зимового режиму (режим I) при  $t_{\text{зовн.}} = t_{\text{p.o.}} = -22^{\circ}\text{C}$  [3].

#### 1.3.1 Витрата пари котельною без урахування витрати пари на деаерацію

$$D = D_{\text{сп.}} + D_{\text{мн.}}, \quad (1.1)$$

$$D = 0,556 + 0,389 = 0,945 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.2 Повернення конденсату від виробничих споживачів і з теплового пункту

$$G_{\kappa} = 0,389 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.3 Витрати продувальної води, що надходить в сепаратор безперервного продування

$$G_{\text{пр}} = \frac{\Pi}{100} \cdot D, \quad (1.2)$$

$$G_{\text{пр}} = \frac{5,6}{100} \cdot 0,945 = 0,053 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.4 Витрати пари на виході з сепаратора безперервного продування

$$D_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} \frac{h_7 \cdot 0,98 - h_8}{h_3 - h_8}, \quad (1.3)$$

$$D_{\text{пр}} = 0,053 \frac{721,0 \cdot 0,98 - 482,2}{2699,8 - 482,2} = 0,0054 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.5 Витрати продувальної води на виході з сепаратора безперервного продування

$$G'_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} - D_{\text{пр}}, \quad (1.4)$$

$$G'_{\text{пр}} = 0,053 - 0,0054 = 0,0476 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.6 Внутрішньокотельні втрати пари

$$D_{\text{вт}} = 0,02 \cdot D, \quad (1.5)$$

$$D_{\text{вт}} = 0,02 \cdot 0,945 = 0,019 \text{ кг/с.}$$

#### 1.3.7 Витрати води на виході з деаератора

$$G_{\text{д}} = D + G_{\text{пр}}, \quad (1.6)$$

$$G_{\text{д}} = 0,945 + 0,053 = 0,998 \text{ кг/с.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 1.3.8 Випар із деаератора

$$D_{\text{вип}} = d_{\text{вип}} \cdot G_{\text{Д}}, \quad (1.7)$$

$$D_{\text{вип}} = 0,002 \cdot 0,998 = 0,002 \text{ кг/с.}$$

### 1.3.9 Витрати пом'якшеної води, що надходить в деаератор

$$G_{\text{хво}} = (D - G_{\text{к}}) + G_{\text{нр}} + D_{\text{вт}} + D_{\text{вип}}, \quad (1.8)$$

$$G_{\text{хво}} = (0,945 - 0,389) + 0,053 + 0,019 + 0,002 = 0,63 \text{ кг/с.}$$

### 1.3.10 Витрати сирії води на ХВО

$$G_{\text{с.в.}} = K_{\text{хво}}^{\text{с.н.}} \cdot G_{\text{хво}}, \quad (1.9)$$

$$G_{\text{с.в.}} = 1,2 \cdot 0,63 = 0,756 \text{ кг/с.}$$

### 1.3.11 Сумарна витрата потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)

$$G_{\Sigma} = G_{\text{к}} + G_{\text{ХВО}} + D_{\text{нр}} - D_{\text{ВВП}},$$

$$G_{\Sigma} = 0,389 + 0,63 + 0,0054 - 0,002 = 1,022 \text{ кг/с.}$$

### 1.3.12 Температура сирії води на виході з охолодника продувальної води

$$T_4' = T_1 + \frac{G_{\text{нр}}'}{G_{\text{с.в.}} \cdot c_{\text{в}}} (h_8 - c_{\text{в}} \cdot t_{\text{нр}}) \cdot 0,98. \quad (1.10)$$

де  $c_{\text{в}}$  – теплоємність води, кДж/(кг·К), беру 4,187 кДж/(кг·К).

$$T_4' = 5 + \frac{0,0476}{0,756 \cdot 4,187} (482,2 - 4,187 \cdot 40) \cdot 0,98 = 9,6 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

### 1.3.13 Температура хімічно очищеної води після калориферної установки

$$t_{\text{хво}}'' = t_{\text{хво}}' + \frac{\sum Q_{\text{кз}} - Q_{\text{с.в.}}}{G_{\text{хво}} \cdot c_{\text{в}}}, \quad (1.11)$$

$$t_{\text{хво}}'' = 9,6 + \frac{71,0}{0,63 \cdot 4,187} = 36,5 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

### 1.3.14 Температура хімічно очищеної води на виході з охолодника випару

$$T_5 = T_4 + \frac{D_{\text{вип}}}{G_{\text{хво}} \cdot c_{\text{в}}} (h_4 - h_5) \cdot 0,98, \quad (1.12)$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$T_5 = 36,5 + \frac{0,002}{0,63 \cdot 4,187} (2682,9 - 422,4) \cdot 0,98 = 38,2 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.3.15 Середньозважена температура потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)

$$t_{cp.вз.} = \frac{G_o \cdot t_{ко} \cdot c_6 + G_{хо} \cdot T_5 \cdot c_6 + D_{np} \cdot h_3 - D_{вип} \cdot h_4}{G_{\Sigma} \cdot c_6}; \quad (1.13)$$

$$t_{cp.вз.} = \frac{0,389 \cdot 165 \cdot 4,187 + 0,63 \cdot 38,2 \cdot 4,187 + 0,0054 \cdot 2699,8 - 0,002 \cdot 2682,9}{1,022 \cdot 4,187} = 88,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.3.16 Витрата пари на деаератор

$$D_d = G_{\Sigma} \cdot \frac{(T - t_{cp.вз.} \cdot 0,98) \cdot c_6}{h_9 \cdot 0,98 - T \cdot c_6}; \quad (1.14)$$

$$D_d = 1,022 \cdot \frac{(104,5 - 88,5 \cdot 0,98) \cdot 4,187}{2763 \cdot 0,98 - 104,5 \cdot 4,187} = 0,033 \text{ кг/с}.$$

1.3.17 Витрата пари котельною без урахування внутрішньокотельних втрат

$$D' = D + D_d; \quad (1.15)$$

$$D' = 0,945 + 0,033 = 0,978 \text{ кг/с}.$$

1.3.18 Внутрішньокотельні втрати пари

$$D_{em} = D' \cdot \frac{K_{em}}{1 - K_{em}}; \quad (1.16)$$

$$D_{em} = 0,978 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,020 \text{ кг/с}.$$

1.3.19 Сумарна витрата пари котельною

$$D_{сум} = D' + D_{em}; \quad (1.17)$$

$$D_{сум} = 0,978 + 0,020 = 0,998 \text{ кг/с}.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Уточнення розрахунку

1.3.20 Витрати продувальної води, що надходить в сепаратор безперервного продування

$$G_{np} = \frac{5,6}{100} \cdot 0,998 = 0,056 \text{ кг/с}$$

1.3.21 Витрати пари на виході з сепаратора безперервного продування

$$D_{np} = 0,056 \frac{721,0 \cdot 0,98 - 482,2}{2699,8 - 482,2} = 0,0057 \text{ кг/с.}$$

1.3.22 Витрати продувальної води на виході з сепаратора безперервного продування

$$G'_{np} = 0,056 - 0,0057 = 0,0503 \text{ кг/с.}$$

1.3.23 Витрати води на виході з деаератора

$$G_d = 0,998 + 0,056 = 1,054 \text{ кг/с.}$$

1.3.24 Випар із деаератора

$$D_{vnt} = 0,002 \cdot 1,054 = 0,0021 \text{ кг/с.}$$

1.3.25 Витрати пом'якшеної води, що надходить в деаератор

$$G_{xvo} = (0,945 - 0,389) + 0,0503 + 0,020 + 0,0021 = 0,628 \text{ кг/с.}$$

1.3.26 Витрати сирієї води на ХВО

$$G_{c.v.} = 1,2 \cdot 0,628 = 0,754 \text{ кг/с ;}$$

1.3.27 Сумарна витрата потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)

$$G_{\Sigma} = 0,389 + 0,628 + 0,0057 - 0,0021 = 1,021 \text{ кг/с.}$$

1.3.28 Температура сирієї води на виході з охолодника продувальної води

$$T'_4 = 5 + \frac{0,0503}{0,754 \cdot 4,187} (482,2 - 4,187 \cdot 40) \cdot 0,98 = 9,9 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.3.29 Температура хімічно очищеної води після калориферної установки

$$t''_{\text{хво}} = 9,9 + \frac{71,0}{0,628 \cdot 4,187} = 36,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.3.30 Температура хімічно очищеної води на виході з охолодника випару

$$T_5 = 36,9 + \frac{0,0021}{0,628 \cdot 4,187} (2682,9 - 422,4) \cdot 0,98 = 38,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.3.31 Середньозважена температура потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)

$$t_{\text{ср.вз.}} = \frac{0,389 \cdot 165 \cdot 4,187 + 0,628 \cdot 38,7 \cdot 4,187 + 0,0057 \cdot 2699,8 - 0,0021 \cdot 2682,9}{1,021 \cdot 4,187} = 89,0 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

1.3.32 Витрата пари на деаератор

$$D_{\text{д}} = 1,021 \cdot \frac{(104,5 - 89,0 \cdot 0,98) \cdot 4,187}{2763 \cdot 0,98 - 104,5 \cdot 4,187} = 0,033 \text{ кг/с}.$$

1.3.33 Витрата пари котельною без урахування внутрішньокотельних втрат

$$D' = 0,945 + 0,033 = 0,978 \text{ кг/с}$$

1.3.34 Внутрішньокотельні втрати пари

$$D_{\text{вт}} = 0,978 \cdot \frac{0,02}{1 - 0,02} = 0,020 \text{ кг/с}.$$

1.3.35 Сумарна витрата пари котельною

$$D_{\text{сум}} = 0,978 + 0,020 = 0,998 \text{ кг/с}.$$

1.3.36 Кількість працюючих котлів

$$N_{\text{к.пр.}} = \frac{D_{\text{сум}}}{D_{\text{к.ном.}}}, \quad (1.18)$$

де  $D_{\text{к.ном.}}$  — розрахункова паропродуктивність котла *HD 4000/10*,  $D_{\text{к.ном.}} = 4 \text{ т/год}$ ;

$$N_{\text{к.пр.}} = \frac{0,998 \cdot 3600}{4 \cdot 1000} = 0,898.$$

Таким чином в максимальний зимній період працює тільки один котел.

Результати розрахунку теплової схеми для трьох розрахункових режимів наведені в таблиці 1.3.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 1.3 — Результати розрахунку теплової схеми

Найменування величини	Позначення	Одиниця	Розрахункові формули	Розрахункові режими		
				I	II	V
1	2	3	4	5	6	7
1 Витрата пари котельною без урахування витрати пари на деаерацію	$D_{\text{сп.}}$	кг/с	$D_{\text{сп.}}$	0,945	0,834	1,769
2 Повернення конденсату від виробничих споживачів та з теплового пункту	$G_k$	кг/с	$G_{\text{сп.}} + G_{\text{тп}}$	0,389	0,278	0,584
3 Витрата продувальної води, що надходить в сепаратор безперервного продування	$G_{\text{пр}}$	кг/с	$\frac{P}{100} \cdot D$	0,053	0,047	0,168
4 Витрата пари на виході із сепаратора безперервного продування	$D_{\text{пр}}$	кг/с	$G_{\text{пр}} \cdot \frac{h_7 \cdot 0,98 - h_8}{h_3 - h_8}$	0,0054	0,0048	0,017
5 Витрата продувальної води на виході із сепаратора без перервного продування	$G'_{\text{пр}}$	кг/с	$G_{\text{пр}} - D_{\text{пр}}$	0,0476	0,042	0,151
6 Внутрішньокотельні втрати пари	$D_{\text{вт}}$	кг/с	$0,02D$	0,019	0,0176	0,035
7 Витрата води на виході з деаератора	$G_d$	кг/с	$D + G_{\text{пр}}$	0,998	0,881	1,937
8 Випар із деаератора	$D_{\text{вип}}$	кг/с	$d_{\text{вип}} \cdot G_d$	0,002	0,0018	0,004

Продовження таблиці 1.3

9 Витрата хімічно очищенної води, що надходить в деаератор	$G_{\text{ХВО}}$	кг/с	$(D - G_{\text{К}}) + G'_{\text{пр}} + D_{\text{вт}} + D_{\text{вип}}$	0,63	0,617	1,375
10 Витрата сирової води на ХВО	$G_{\text{с.в}}$	кг/с	$k_{\text{ХВО}}^{c.н} G_{\text{ХВО}}$	0,756	0,741	1,65
13 Температура сирової води на виході охолодника продувальної води	$T_4'$	$^{\circ}\text{C}$	$T_4' = \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{ХВО}} \cdot c_{\text{в}}} (\tau_3 - \tau_3') + T_3$	9,6	9,2	21,7
14 Температура хімічно очищеної води на виході з калорифера	$t_{\text{ХВО}}''$	$^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{ХВО}}' + \frac{Q_{\text{к}}}{G_{\text{ХВО}} \cdot c_{\text{в}}}$	36,5	36,7	46,4
15 Сумарна витрата потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)	$G_{\Sigma}$	кг/с	$G_{\text{К}} + G_{\text{ХВО}} + D_{\text{пр}} - D_{\text{вип}}$	1,022	0,898	1,972
16 Температура хімічно очищеної води на виході з охолодника випару	$T_5$	$^{\circ}\text{C}$	$T_4 + \frac{D_{\text{вип}}}{G_{\text{ХВО}} \cdot c_{\text{в}}} (h_4 - h_5) \cdot 0.98$	38,2	38,2	47,9

## Продовження таблиці 1.3

17 Середньозважена температура потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)	$t_{\text{ср.вз}}$	°C	$\frac{G_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \cdot c_{\text{в}} + G_{\text{хво}} \cdot T_5 \cdot c_{\text{в}}}{G_{\Sigma} \cdot c_{\text{в}}} + \frac{D_{\text{пр}} \cdot h_3 - D_{\text{вип}} \cdot h_4}{G_{\Sigma} \cdot c_{\text{в}}}$	88,5	79,5	66,8
18 Витрата пари на деаератор	$D_{\text{д}}$	кг/с	$G_{\Sigma} \frac{(T - t_{\text{ср.вз}} \cdot 0.98) \cdot c_{\text{в}}}{h_9 \cdot 0.98 - T \cdot c_{\text{в}}}$	0,033	0,044	0,142
19 Витрата пари котельною без урахування внутрішньокотельних втрат	$D'$	кг/с	$D + D_{\text{д}}$	0,978	0,878	1,911
20 Внутрішньокотельні втрати пари	$D_{\text{пот}}$	кг/с	$D' \cdot \frac{K_{\text{вт}}}{1 - K_{\text{вт}}}$	0,020	0,018	0,039
21 Сумарна витрата пари котельною	$D_{\text{сум}}$	кг/с	$D' + D_{\text{вт}}$	0,998	0,896	1,95
Уточнення розрахунку						
22 Витрата продувальної води, що надходить в сепаратор безперервного продування	$G_{\text{пр}}$	кг/с	$\frac{H}{100} \cdot D_{\text{сум}}$	0,056	0,050	0,185
23 Витрата пари на виході із сепаратора безперервного продування	$D_{\text{пр}}$	кг/с	$G_{\text{пр}} \cdot \frac{h_7 \cdot 0.98 - h_8}{h_3 - h_8}$	0,0057	0,005	0,019



Продовження таблиці 1.3

24 Витрата продувальної води на виході із сепаратора без перервного продування	$G'_{\text{пр}}$	кг/с	$G_{\text{пр}} - D_{\text{пр}}$	0,0503	0,045	0,166
25 Витрата води на виході з деаератора	$G_{\text{д}}$	кг/с	$D + G_{\text{пр}}$	1,054	0,946	2,135
26 Випар із деаератора	$D_{\text{вип}}$	кг/с	$d_{\text{вип}} \cdot G_{\text{д}}$	0,0021	0,0019	0,0043
27 Витрата хімічно очищеної води, що надходить в деаератор	$G_{\text{хво}}$	кг/с	$(D - G_{\text{к}}) + G'_{\text{пр}} + D_{\text{вт}} + D_{\text{вип}}$	0,628	0,621	1,394
28 Витрата сирієї води на ХВО	$G_{\text{с.в}}$	кг/с	$k_{\text{хво}}^{\text{с.н}} G_{\text{хво}}$	0,754	0,745	1,673
29 Температура сирієї води на виході охолодника продувальної води	$T_4'$	°C	$T_4' = \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{хво}} \cdot c_{\text{в}}} (\tau_3 - \tau_3') + T_3$	9,9	9,4	22,3
29 Температура сирієї води на виході охолодника продувальної води	$T_4'$	°C	$T_4' = \frac{G_{\text{пр}}}{G_{\text{хво}} \cdot c_{\text{в}}} (\tau_3 - \tau_3') + T_3$	9,9	9,4	22,3
30 Температура хімічно очищеної води на виході з калорифера	$t_{\text{хво}}''$	°C	$t_{\text{хво}}' + \frac{Q_{\text{к}}}{G_{\text{хво}} \cdot c_{\text{в}}}$	36,9	36,7	46,6
31 Сумарна витрата потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім гріючої пари)	$G_{\Sigma}$	кг/с	$G_{\text{к}} + G_{\text{хво}} + D_{\text{пр}} - D_{\text{вип}}$	1,021	0,902	1,993

Продовження таблиці 1.3

33 Середньозважена температура потоків води і пари, які надходять в деаератор (крім грію пари)	$t_{\text{ср.вз}}$	°C	$\frac{G_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \cdot c_{\text{в}} + G_{\text{хво}} \cdot T_5 \cdot c_{\text{в}}}{G_{\Sigma} \cdot c_{\text{в}}} + \frac{D_{\text{пр}} \cdot h_3 - D_{\text{вип}} \cdot h_4}{G_{\Sigma} \cdot c_{\text{в}}}$	89,0	79,4	67,3
34 Витрата пари на деаерат	$D_{\text{д}}$	кг/с	$G_{\Sigma} \frac{(T - t_{\text{ср.вз}} \cdot 0.98) \cdot c_{\text{в}}}{h_9 \cdot 0.98 - T \cdot c_{\text{в}}}$	0,033	0,044	0,141
35 Витрата пари котельною без урахування внутрішньокотельних витрат	$D'$	кг/с	$D + D_{\text{д}}$	0,978	0,878	1,91
36 Внутрішньокотельні втрати пари	$D_{\text{пот}}$	кг/с	$D' \cdot \frac{K_{\text{вт}}}{1 - K_{\text{вт}}}$	0,020	0,018	0,039
37 Сумарна витрата пари котельною	$D_{\text{сум}}$	кг/с	$D' + D_{\text{вт}}$	0,998	0,896	1,949

#### 1.4 Заходи з енергозбереження

Враховуючи положення закону України “Про енергозбереження” та у відповідності до технічних вимог щодо ефективного використання енергоресурсів для розробки проектної документації, у робочому проекті передбачені заходи з енергозбереження:

- 1) Встановлюється котли з коефіцієнтом корисної дії (ккд) не менше 92 % .
- 2) Передбачається хімічне водоочищення вихідної води.
- 3) Для досягнення нормативних значень якості живильної води передбачається встановлення деаератору.

Котельна обладнується лічильниками витрат вихідної води на ввіді, витрат води на водопідготовку.

З метою економії енергоресурсів передбачається:

- утилізація теплоти відхідних димових газів в економайзерах, які поставляються з котлами;
- встановлення додатково утилізаторів теплоти відхідних газів для підігріву хімічно очищеної води;

- встановлення сепаратору безперервного продування;
- утилізація теплоти продувальної води в охолоднику продувальної води;
- поагрегатний вимір витрат природного газу;
- оптимальне ведення процесу горіння за допомогою регулятора співвідношення “газ-повітря” і підтримання доцільно низької температури димових газів;
- теплова ізоляція обладнання, трубопроводів та газоходів;
- протикорозійна обробка внутрішніх поверхонь газоходів і димової труби з метою захисту від корозії.

### 1.5 Висновки з розділу 1

В даному розділі було розраховано теплову схему. Наведено опис теплової схеми а також заходи енегозбереження.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ КОТЕЛЬНОЇ

### 2.1 Вибір котлів

Згідно з отриманим тепловим навантаженням та у відповідності до Завдання на проектування до встановлення приймаються два парових котла, виробництва котлобудівного заводу *BBS, GmbH* (Німеччина) типу *HD4000-10*, паропродуктивністю 4 т/годину кожний.

Котли призначені для роботи на природному газі середнього тиску, комплектуються пальниками типу *G70/2-A, ZM-1LN, Weishaupt*. Котли поставляються з економайзерами.

Конструкція котла передбачає газощільне виконання і являє собою зварну триходову систему, що складається з асиметрично розташованої жарової труби і задньої камери, що охолоджується водою. Два пучки димогарних труб розміщені впродовж жарової труби і виведені в димохідну горловину з економайзером в задній частині котла. Технічні характеристики парового котла *HD4000-10* наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика парового котла *HD4000-10*

Найменування показників	Величина
Парова потужність, т/годину	4,0
Тиск насиченої пари, МПа	1,0
Коефіцієнт корисної дії не менше, %	94
Температура живильної води, °С	104
Температура відхідних газів, °С	150
Габарити, мм	6000x2340x2750

### 2.2 Система водопідготовки

Вимоги до якості води для проектованих жаротрубно-димогарних котлів:

Живильної:

-значення <i>pH</i>	> 9;
-загальна твердість, мг-екв/л	< 0,02;
-кисень, мг/л	< 0,01;
-залізо, мг/л	< 0,05;

Котлової:

- значення  $pH$  10,5-12;
- загальна твердість, мг-екв/л < 0,02;
- сухий залишок,  $S_{к.в}$ , мг/л 7500.

Для розрахунків приймаються наступні показники вихідної води.

Таблиця 2.2 — Дані хімічного аналізу вихідної води

Показники		Одиниці	Значення	Примітка
Сухий залишок		мг/л	950	
Твердість загальна		мг-екв/л	10,5	
значення $pH$		-	7,15	
Катіони	Кальцій	мг-екв/л	6,99	
	Магній		3,45	
Аніони	Бікарбонати	мг-екв/л	10,4	
	Сульфати		2,83	
	Хлориди		1,58	
Лужність		мг-екв/л	10,4	

### 2.2.1 Величина продувки котлів

$$P_{II} = S_{\kappa} \cdot \Pi_{\kappa} \frac{100}{(S_{\kappa.в.} - S_{\kappa} \cdot \Pi_{\kappa})}, \quad (2.1)$$

де  $S_{\kappa}$  – сухий залишок очищеної води, мг/л.

При натрій-катіонітному очищенні води

$$S_{Na} = S_{\epsilon} + 2,96 \cdot \mathcal{K}_{Ca} + 10,84 \mathcal{K}_{Mg}, \quad (2.2)$$

$$S_{Na} = 950 + 2,96 \cdot 6,99 + 10,84 \cdot 3,45 = 1008 \frac{\text{мг}}{\text{л}}.$$

При частці очищеної води в живильній (максимальні втрати пари і конденсату)  $\Pi_{\kappa} = 0,65$  розрахункове значення продувки

$$P_{II} = 1008 \cdot 0,65 \frac{100}{(7500 - 1008 \cdot 0,65)} = 9,5\%.$$

Потреба в очищеній воді, що складається з витрат на неповернення конденсату, продувку котлів, підживлення теплових мереж, становить близько 7,69 т/год.

З урахуванням запасу на неповернення конденсату з виробництва розрахункова продуктивність установки водоочищення приймається 8 т/год.

У відповідності до якості вихідної води та вимог до живильної води для запроектованих котлів передбачена система очищення води на базі обладнання фірми Culligan поз.А6 по схемі двоступеневого пом'якшення в натрій - катіонітних фільтрах зі зниженням твердості до 0,01 мг-екв/л. Для безперервної фільтрації води при виведенні в регенерацію фільтра в кожному ступені передбачена установка двох натрій-катіонітних фільтрів.

Скиди від обладнання очищення води містять солі твердості, зважені речовини, надлишок солі, продукти регенерації фільтрів. Концентрація солей в скидах становить до 3000мг/л. Скиди розбавляються стічними водами виробництва та каналізаційними водами житлового масиву до значень концентрації, нормованих СанПиН4630-88.

Результати розрахунку наведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 — Результати розрахунку установки водоочищення

<i>Показники</i>	<i>Одиниці</i>	<i>Значення</i>	<i>Примітка</i>
1	2	3	4
<b><i>Натрій-катіонітні фільтри другого ступеня НВ 45</i></b>			
Витрати хімоочищеної води	м <sup>3</sup>	8,0	
Продуктивність одного фільтру	м <sup>3</sup> /год	до 5,0	
Кількість фільтрів (робочих/резервних)	шт.	4 (3/2)	
Твердість води після Na-катіонітних фільтрів 1 ст.	мг-екв/кг	0,1	
Залишкова твердість води	мг-екв/кг	0,02	
Обмінна ємкість	г-екв	50	
Фільтроцикл	м <sup>3</sup>	500	
	годин	56	
Кількість регенерацій на добу	-	0,46	
Витрата солі	кг/добу	2,5	
	т/рік	0,86	
Витрата води на одну регенерацію фільтра - на розпушування (15хв.) - на приготування регенераційного		0,3	

Продовження табл. 2.3

розчину (10хв.)	м <sup>3</sup>	0,25	
- на відмив катіоніту (30хв.)		0,3	
- середня добова		0,4	
<b>Натрій-катіонітні фільтри першого ступеня НВ 135</b>			
Витрати води	м <sup>3</sup>	8,0	
Продуктивність одного фільтру	м <sup>3</sup> /год	до 7,0	
Кількість фільтрів (робочих/резервних)			
Твердість води	мг-екв/кг	10,5	
Залишкова твердість води	мг-екв/кг	0,1	
Обмінна ємність	г-екв	190	
Фільтроцикл	м <sup>3</sup>	18,0	
	годин	2,25	
Кількість регенерацій на добу	-	11	
Витрата солі	кг/добу	105	
	т/рік	21,0	
Витрата води на одну регенерацію:			
- на розпушування (15хв.)		0,5	
- на приготування регенераційного розчину (10хв.)	м <sup>3</sup>	0,5	
- на відмив катіоніту (30хв.)		0,9	
- середня добова		22,0	

Розрахункові показники уточнюються в процесі пусково-налагоджувальних робіт водоочисного обладнання і котлів.

## 2.3 Вибір деаераторів

### 2.3.1 Вихідні дані

а) Продуктивність деаераторів живильної води:  $G = 2,135$  кг/с (7,686 т/год).

### 2.3.2 Вибір деаераторів

а) Кількість деаераторів, компл.

Кількість деаераторів вибирається без резерву і мінімальна кількість. В схемі встановлено деаератор атмосферного типу.

По продуктивності вибираю одну деаераційно-живильну установку, продуктивністю  $Q = 8$  т/ч, характеристики якої приведені в таблиці 2.4.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

б) Коефіцієнт завантаження

$$K_{загр} = \frac{G}{Q \cdot n} \cdot 100, \quad (2.3)$$

де  $n$  — кількість комплектів деаераційно-живильних установок, компл.

$$K_{загр} = \frac{7,686}{8 \cdot 1} \cdot 100 = 96,08\% .$$

Таблиця 2.4 — Технічна характеристика комплектації деаераційно-живильної установки

Найменування	Кількість	Технічна характеристика
Деаераційно-живильна установка в складі:		
Колонка деаераційна EG 700-010-01	1	$Q=8 \text{ м}^3/\text{год}$
Охолодник випару ОВА-2	1	$F=2 \text{ м}^3$
Запобіжний пристрій	1	
Бак деаераційний	1	$V= 7 \text{ м}^3$

2.3.2 Розрахунок на міцність циліндричного корпусу деаератора

а) Товщина корпусу має відповідати співвідношенню

$$S \geq S_{расч} + C, \quad (2.4)$$

де  $C = 1 \text{ мм}$  — компенсація на корозію для сталі

б) Розрахунок товщини циліндричної частини корпусу

$$S_{расч} = \frac{P_{расч} \cdot D}{2 \cdot I \cdot [\delta] - P_{расч}}, \quad (2.5)$$

де  $I$  — коефіцієнт міцності продольного шва;

$P_{расч}$  — розрахунковий тиск в деаераторі;

$D = 1$  — діаметр деаератора;

$[\delta]$  — допустима напруга.

$$S_{расч} = \frac{0,2 \cdot 1,6}{2 \cdot 1 \cdot 145 - 0,2} = 0,001 \text{ м.}$$



в) з урахуванням поправки товщина корпусу

$$S_k = 1 + 1 = 2 \text{ мм.}$$

Приймаю товщину корпусу 2,5 мм.

## 2.4 Вибір насосів

### 2.4.1 Вибір підвищувальних насосів

Насос призначений для подачі вихідної води з водопроводу в систему хімічної очистки води. Подачу насоса приймаю рівною подвоєній максимальній витраті вихідної води на хімічну очистку води.

Таким чином:

$$V_{c.v.} = \frac{G_{c.v.} \cdot 2}{\rho} \cdot 3600; \quad (2.6)$$

$$V_{подп} = \frac{1,673 \cdot 2}{1000} \cdot 3600 = 12,05 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Напір насоса визначається по сумі втрат тиску в мережі (згідно завданню на проектування  $P_{сет} = 0,12$  мПа. системи водоочистки (приймаємо  $P_{ВПУ} = 0,2$  мПа. калорифера ( $P_{кал} = 0,12$  мПа. ). Тоді необхідний тиск, який здатний розвинути насос  $P_n = P_{сет} + P_{ВПУ} + P_{кал} = 0,12 + 0,2 + 0,12 = 0,44$  мПа.

Вибираю два насоса Grundfos типу CR 16-50, один з яких резервний. Подача в номінальному режимі роботи  $16 \text{ м}^3/\text{год}$ , напір 500 кПа, з електродвигуном  $N = 5,5$  кВт,  $U = 400 \text{ В}$ .

### 2.4.2 Вибір живильного насоса

В комплект котла входить два насоса Grundfos типу CR 5-22, один з яких резервний. Подача —  $5,0 \text{ м}^3/\text{год}$ , тиск — 1,35 мПа, з електродвигуном  $U=400 \text{ В}$ ,  $N=4,0$  кВт.

### 2.4.3 Вибір циркуляційного насоса системи опалення і насоса системи гарячого водопостачання

Згідно завданню на проектування циркуляційний насос системи опалення и насос системи гарячого водопостачання приймаються раніше встановленні, тобто їх заміну проводити не потрібно.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.5 Розрахунок димової труби

Мета розрахунку - вибір висоти димової труби з урахуванням Самотяга і розсіювання шкідливих викидів. При виконанні розрахунків буду враховувати тепловтрати від стінок димоходів в приміщення котельні та в навколишнє середовище зниженням температури димових газів на 15 °С відносно температури димових газів на вході в димову трубу. Розрахунки будуть паралельно вестися для двох режимів роботи: з включенням калориферів (обидва котла працюють в номінальному режимі, утилізатор теплоти - включений) і з вимкненими калориферами (то ж, але утилізатори - відключені).

### 2.5.1 Вихідні дані:

- а) Масові витрати продуктів згоряння  $G_T=3,2 \text{ кг/м}^3 \text{ т-ва}$ ;
- в) щільність димових газів при нормальних умовах  $\rho_{дг}^0=1,237 \text{ кг/м}^3$ ;
- г) температура продуктів згоряння за котлом  $t_{дг}=150 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- д) температура димових газів за калорифером  $t_k=100 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- е) середня температура внутрішнього повітря  $t_{ос}=-6 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- ж) діаметр газоходів  $D_1=500 \text{ мм}$ ;
- з) розрахунковий барометричний тиск для Вишневого  
 $B=99000 \text{ Па}$ ;
- и) втрати температури димових газів по висоті труби  $\Delta t_{дг}=20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- к) матеріал газоходів – нержавіюча сталь;
- л) матеріал димової труби-сталь Вст3сп5 ГОСТ 10705-80;
- м) аеродинамічний опір калорифера  $\Delta P_{кал}=59 \text{ Па}$ .
- н) потужність котлів  $Q=1200 \text{ кВт}$ ;
- о) осмна витрата продуктів згоряння  $V_{пр.г}=12,63 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;
- п) нижча теплота згоряння палива  $Q_n^p= 33496 \text{ кДж/нм}^3$ .

### 2.5.2 Розрахунок димової труби

#### 2.5.2.2 Густина атмосферного повітря і димових газів

$$\rho_z = \rho_z^0 \cdot \frac{273}{273 + t_z} \cdot \frac{B}{101325}, \quad (2.7)$$

$$\rho_n = \rho_n^0 \cdot \frac{273}{273 + t_n} \cdot \frac{B}{101325},$$

де  $\rho_z^0, \rho_n^0$  — густина димових газів і атмосферного повітря за нормальних умов (температура 0°С і тиск 101325 Па);

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$t_e, t_n$  — середня температура газів у трубі;

$t_n$  — середня температура повітря найбільш жаркого місяця,  $t_n = 26,3$  °С.

$B$  — барометричний тиск.

Середня температура газів у трубі

$$t_e = \frac{150 + (150 - 20)}{2} = 140 \text{ °С.}$$

$$\rho_e = 1,237 \cdot \frac{273}{273 + 140} \cdot \frac{99000}{101325} = 0,799 \text{ кг/м}^3.$$

$$\rho_n = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 26,3} \cdot \frac{99000}{101325} = 1,152 \text{ кг/м}^3.$$

#### 2.5.2.3 Діаметр циліндричної залізної димової труби

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{V_e}{w_\Gamma}},$$

де  $w_e$  — оптимальна швидкість димових газів на виході з труби,  $w_e = 6 \dots 15$  м/с.

приймаю  $w_e = 8$  м/с.

$$d = 1,13 \sqrt{\frac{3,2}{8}} = 0,715 \text{ м.}$$

Приймаю діаметр  $d = 700$  мм. Висоту труби приймаю 24 м.

Дійсна швидкість димових газів в трубі

$$w_\Gamma = \frac{V_e}{d^2 \cdot 0,785},$$
$$w_\Gamma = \frac{3,2}{0,7^2 \cdot 0,785} = 8,3 \text{ м/с.}$$

#### 2.5.2.3 Втрати тиску на місцеві опори на виході газів з труби

$$h_o = 1,1 \frac{\rho_e \cdot w_e^2}{2}, \quad (2.8)$$

$$h_o = 1,1 \frac{0,799 \cdot 8,3^2}{2} = 30,3 \text{ Па.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 2.5.2.4 Втрати тиску на тертя в циліндричній димовій трубі

$$\Delta h_m = \lambda \cdot \frac{H}{d_0} \cdot \frac{\rho_{\text{г}} w^2}{2},$$

де  $\lambda$  — коефіцієнт опору тертю;  
 $H$  — висота димової труби.

$$\lambda = 0.11 \left( \frac{K}{D_r} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0.25},$$

де  $K$  — коефіцієнт абсолютної шерохватості, м. Для нержавіючої сталі  $K=0,1$  мм;  
 $\text{Re}$  — число Рейнольдса.

$$\text{Re} = \frac{W \cdot d}{\nu_{\text{г}}^{140}}, \quad (2.9)$$

де  $\nu_{\text{г}}^{140}$  — кінематична в'язкість димових газів при температурі 140°C, м<sup>2</sup>/с [1],  
 $\nu_{\text{г}}^{140} = 26,04 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с;

$$\text{Re} = \frac{8,3 \cdot 0,7}{26,04 \cdot 10^{-6}} = 223118.$$

Коефіцієнт опору тертю

$$\lambda = 0.11 \left( \frac{0,1}{700} + \frac{68}{223118} \right)^{0.25} = 0,016.$$

Втрати тиску на тертя

$$\Delta h_m = 0,016 \cdot \frac{24}{0,7} \cdot \frac{0,799 \cdot 8,3^2}{2} = 15,1 \text{ Па.}$$

#### 2.5.2.4.4 Втрати тиску на тертя в газоходах

$$\Delta P_{TP} = \lambda \frac{l}{d} \frac{\rho_{\text{г}} \cdot W^2}{2}, \quad (2.10)$$

де  $l$  — довжина газохода,  $l = 2,5$  м;

$d$  — діаметр газохода,  $d = 500$  мм.

$$W = \frac{V}{0,785 \cdot d^2},$$

$$W = \frac{1,6}{0,785 \cdot 0,5^2} = 8,2 \text{ м/с.}$$

$$\text{Re} = \frac{8,2 \cdot 0,5}{27,17 \cdot 10^{-6}} = 150902,$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де  $v_{\partial z}^{150} = 27,17 \cdot 10^{-6} \text{ м/с}$ .

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{0,1}{500} + \frac{68}{150902} \right)^{0,25} = 0,018.$$

$$\Delta P_{TP} = 0,018 \frac{2,5}{0,5} \cdot \frac{0,799 \cdot 8,2^2}{2} = 2,4 \text{ Па.}$$

#### 2.5.2.4.5 Втрати тиску на місцеві опори

$$\Delta P_{MC} = \Sigma \xi \frac{\rho_{\partial z} \cdot W^2}{2}, \quad (2.11)$$

де  $\Sigma \xi$  — сумарний коефіцієнт опору тертю.

По ходу димових газів знаходяться наступні опори: поворот на  $90^\circ$ , для якого  $\xi=1$  и вхід в димову трубу  $\xi=0,9$  [2].

$$\Delta P_{MC} = (1+0,9) \frac{0,799 \cdot 8,2^2}{2} = 53,7 \text{ Па.}$$

#### 2.5.2.4.6 Сумарні втрати тиску по газовому тракту від котла до димової труби

$$\Delta h = \Delta P_{mc} + \Delta P_{TP} \quad (2.12)$$

$$\Delta h = 2,4 + 53,7 = 56,1 \text{ Па.}$$

#### 2.5.2.5 Висота димової труби

$$H = \frac{1,1 \cdot \Delta h + h_{\partial} + \Delta h_m}{(\rho_n - \rho_z) \cdot g},$$

де  $g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$  — прискорення вільного падіння.

$$H = \frac{1,1 \cdot 56,1 + 30,3 + 15,1}{(1,152 - 0,799) \cdot 9,81} = 31,$$

2.5.2.6 Приймаю внутрішній діаметр труби  $D_{\text{вн}}=500$  мм по ГОСТ 10704-91. Задаюся перепадом температури по висоті димової труби:  $\Delta t_{\text{дт}}=15^\circ\text{C}$ .

#### 2.5.2.18 Самотяга димової труби

$$h_c = H \cdot (1,2 - \bar{\rho}_{\partial z}) \cdot \frac{h_{\text{оар}}}{101300} \cdot 9,81, \quad (2.13)$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 2.5.3 Розрахунок розсіювання шкідливих викидів

#### 2.5.3.1 Викиди окислів азоту від одного котла

$$M_{NO_2}' = 0.001 \cdot B_z \cdot Q_n^p \cdot \kappa_{NO_2} (1 - \beta), \quad (2.14)$$

де  $\kappa_{NO_2}$  – коефіцієнт виходу окислів азоту на 1000 кг спаленого умовного палива, кг/ГДж

$$\kappa_{NO_2} = 0,075 \text{ кг/ГДж},$$

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує ступінь окислення викидів окислів азоту в результаті застосування технічних засобів,

$$\beta = 0,$$

$$M_{NO_2}' = 0,001 \cdot 0,022 \cdot 33496 \cdot 0,075 (1 - 0) = 0,055 \text{ г/с.}$$

#### 2.5.3.2 Величина викидів окислів азоту від двох котлів

$$M_{NO_2} = 2 \cdot M_{NO_2}', \quad (2.15)$$

$$M_{NO_2} = 2 \cdot 0,055 = 0,11 \text{ г/с.}$$

#### 2.5.3.3 Об'ємна витрата продуктів згоряння від одного котла, м<sup>3</sup>/с.

$$V' = B_z \cdot V_{np,z}, \quad (2.16)$$

$$V' = 0,022 \cdot 12,63 = 0,278 \text{ м}^3/\text{с.}$$

#### 2.5.3.4 Об'ємна витрата продуктів згоряння від двох котлів

$$V = 2 \cdot V', \quad (2.17)$$

$$V = 2 \cdot 0,278 = 0,56 \text{ м}^3/\text{с.}$$

#### 2.5.3.5 Максимальна концентрація шкідливих речовин при викиді газо-повітряної суміші

$$C_M = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (2.18)$$

де  $\eta$  - безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості,

по [2]  $\eta = 1$ ,

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$A$  – коефіцієнт, залежний від температурної стратифікації атмосфери,

по [2] для України  $A=160$ ,

$F$  – коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосфері,

по [2]  $F=1$ ,

$m, n$  – коефіцієнт, що враховує умови виходу димових газів із труби,

по [2]  $m=1, n=1$ ,

$\Delta T$  – різниця між температурою викидаємих шкідливих речовин і середньою температурою навколишнього повітря за найхолодніший місяць,

без калорифера:  $\Delta T'' = 180 + 6 = 186 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

з калорифером:  $\Delta T''' = 60 + 6 = 66 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,

від двох котлів без калориферів:

$$C_M' = \frac{160 \cdot 0,11 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{21^2 \cdot \sqrt[3]{0,56 \cdot 186}} = 0,0087 \text{ мг/м}^3.$$

## 2.6 Висновки до розділу 2

В даному розділі здійснено розрахунок обладнання. Підібрано: котли, насоси, деаератор, димову трубу.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 3 ВИБІР ОХОЛОДНИКА БЕЗПЕРЕРВНОГО ПРОДУВАННЯ

### 3.1 Вихідні дані

а) Температура продувальної води:

на вході  $t'_{\text{пр.в.}} = 114,9 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

на виході  $t''_{\text{пр.в.}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

б) Температура сирії води:

на вході  $t'_{\text{с.в.}} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

в) Витрата продувальної води:  $G_{\text{пр.в.}} = 0,083 \text{ кг/с}$ ;

г) Витрата сирії води:  $G_{\text{с.в.}} = 0,8365 \text{ кг/с}$ .

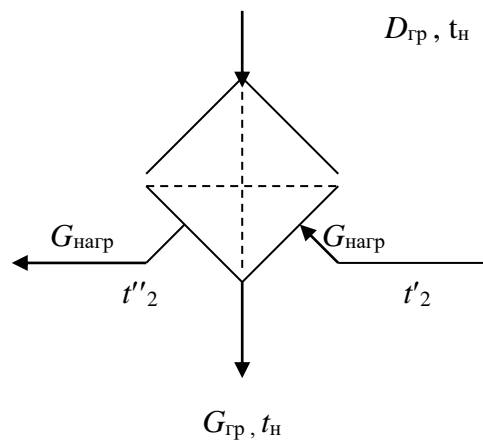


Рисунок 3.1 — Схема теплообмінника

### 3.2 Тепловий розрахунок

3.2.1 По середній температурі продувальної води знаходимо теплофізичні властивості по [1]

Середня температура продувальної води:

$$\bar{t}_{\text{пр}} = 0,5(t'_{\text{пр}} + t''_{\text{пр}}), \quad (3.1)$$

$$\bar{t}_{\text{пр}} = 0,5(114,9 + 40) = 77,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- кінематична в'язкість  $\gamma_{\text{пр.в.}} = 0,3775 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ,

- густина  $\rho_{\text{пр.в.}} = 973,3 \text{ кг/м}^3$ ,

- теплопровідність  $\lambda_{\text{пр.в.}} = 67,25 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ,

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



- питома теплоємність  $C_{\text{пр.в.}} = 4,193 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ ,
- число Прандтля  $Pr_{\text{пр.в.}} = 2,295$ .

### 3.2.2 Теплове навантаження теплообмінного апарату

$$Q = G_{\text{пр.в.}} \cdot c_{\text{пр.в.}} (t'_{\text{пр}} - t''_{\text{пр}}), \quad (3.2)$$

$$Q = 0,083 \cdot 4,193(114,9 - 40) = 26,1 \text{ кВт.}$$

### 3.2.3 Температура сирії води на виході охолодника продувальної води

$$t''_{\text{в}} = \frac{Q}{G_{\text{с.в.}} \cdot c_{\text{с.в.}}} + t'_{\text{с.в.}}, \quad (3.3)$$

Приймаю  $t''_{\text{в}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , тоді середня температура сирії води

$$\bar{t}_{\text{с.в.}} = 0,5(22 + 15) = 18,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Для  $\bar{t}_{\text{с.в.}} = 18,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  питома теплоємність  $c_{\text{с.в.}} = 4,184 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ .

$$t''_{\text{в}} = \frac{26,1}{0,8365 \cdot 4,184} + 15 = 22,4 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Прийнята температура сирії води на виході з охолодника продувальної води  $t''_{\text{в}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$  дуже близька до отриманої  $t''_{\text{в}} = 22,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , отже розрахунок вірний.

### 3.2.4 По середній температурі сирії води знаходимо теплофізичні властивості по [1]

Середня температура сирії води:

$$\bar{t}_{\text{с.в.}} = 0,5(15 + 22,4) = 18,7 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

- кінематична в'язкість  $\gamma_{\text{с.в.}} = 1,045 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ ,
- густина  $\rho_{\text{с.в.}} = 998,4 \text{ кг/м}^3$ ,
- теплопровідність  $\lambda_{\text{с.в.}} = 59,58 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ ,
- питома теплоємність  $C_{\text{рс.в.}} = 4,184 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ ,
- число Прандтля  $Pr_{\text{с.в.}} = 7,35$ .

### 3.2.5 Орієнтовний діаметр теплообмінної труби для проходу сирії води,

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{с.в.}}}{\rho_{\text{с.в.}} \cdot w_{\text{с.в.}} \cdot \pi}}, \quad (3.4)$$

де  $w_{\text{с.в.}}$  — швидкість води в трубках, м/с,

приймаю  $w_{\text{с.в.}} = 1,5 \text{ м/с}$  (оптимальна  $w_2 = 1 \dots 3 \text{ м/с}$ ),

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,8365}{998,4 \cdot 1,5 \cdot 3,14}} = 0,027 \text{ м.}$$

Приймаю теплообмінну трубу  $d_2 / d_1 = 32 / 25 \text{ мм / мм}$  по ГОСТ 10704-603.

3.2.6 Дійсна швидкість сирої води в трубках, м/с

$$w_{\text{с.в.}}^{\text{д}} = \frac{4 \cdot G_{\text{с.в.}}}{\rho_{\text{с.в.}} \cdot d_1^2 \cdot \pi}, \quad (3.5)$$

3.2.7 Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку сирої води,

3.2.7.1 Приймаю температуру стінки  $t_1^{\text{см}} = 60 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Критерій Прандтля для води при цій температурі  $Pr_{\text{ст}} = 2,98$ .

3.2.7.2 Число Рейнольдса

$$Re_{\text{с.в.}} = \frac{w_{\text{с.в.}} \cdot d_1}{\nu_{\text{с.в.}}}, \quad (3.6)$$

$$Re_{\text{с.в.}} = \frac{1,71 \cdot 0,025}{1,045 \cdot 10^{-6}} = 40909.$$

Оскільки число Рейнольдса більше  $10^4$ , то режим плинину води турбулентний.

3.2.7.3 Число Нуссельта для турбулентного режиму плинину води

$$Nu_{\text{с.в.}} = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} \left( \frac{Pr_{\text{с.в.}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l, \quad (3.7)$$

де поправка  $\varepsilon_l = 1$ , оскільки відношення  $\frac{l}{d} \geq 50$ .

$$Nu_{\text{с.в.}} = 0,021 \cdot 40909^{0,8} \cdot 7,35^{0,43} \left( \frac{7,35}{2,98} \right)^{0,25} \cdot 1 = 303,5.$$

3.2.7.3 Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_{\text{с.в.}} = \frac{Nu_{\text{с.в.}} \cdot \lambda_{\text{с.в.}}}{d_1}, \quad (3.8)$$

$$\alpha_{\text{с.в.}} = \frac{303,5 \cdot 59,58 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 7234 \text{ Вт / (м}^2\text{К)}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.2.8 Визначення швидкості продувальної води в кільцевому каналі

Приймаю кожухову трубу  $d_2^k / d_1^k = 40 / 45 \text{ мм} / \text{мм}$  по ГОСТ 10704-603.

Дійсна швидкість продувальної води в кільцевому каналі

$$w_{\text{пр.в.}}^{\text{д}} = \frac{4 \cdot G_{\text{пр.в.}}}{\rho_{\text{пр.в.}} \cdot \pi \cdot d_{\text{экв.}}^2},$$

де  $d_{\text{экв}}$  — еквівалентний діаметр каналу.

$$d_{\text{экв}} = d_1^k - d_2, \quad (3.9)$$

$$d_{\text{экв}} = 0,040 - 0,032 = 0,008 \text{ м.}$$

$$w_{\text{пр.в.}}^{\text{д}} = \frac{4 \cdot 0,083}{973,3 \cdot 3,14 \cdot 0,008^2} = 1,70 \text{ м/с.}$$

### 3.2.9 Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку продувальної води

3.2.9.1 Приймаю температуру стінки  $t_2^{\text{ст}} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Критерій Прандтля для води при цій температурі  $Pr_{\text{ст}} = 2,55$ .

3.2.9.2 Число Рейнольдса

$$Re_{\text{пр.в.}} = \frac{w_{\text{пр.в.}} \cdot d_{\text{экв}}}{\nu_{\text{пр.в.}}},$$

$$Re_{\text{пр.в.}} = \frac{1,70 \cdot 0,008}{0,3775 \cdot 10^{-6}} = 36026.$$

Оскільки число Рейнольдса більше  $10^4$ , то режим плинину води турбулентний.

3.2.9.3 Число Нуссельта для турбулентного режиму плинину води

$$Nu_{\text{пр.в.}} = 0,021 \cdot Re_{\text{пр.в.}}^{0,8} \cdot Pr_{\text{пр.в.}}^{0,43} \left( \frac{Pr_{\text{пр.в.}}}{Pr_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l, \quad (3.10)$$

де поправка  $\varepsilon_l = 1$ , оскільки відношення  $\frac{l}{d} \geq 50$ .

$$Nu_{\text{пр.в.}} = 0,021 \cdot 36026^{0,8} \cdot 2,295^{0,43} \left( \frac{2,295}{2,55} \right)^{0,25} \cdot 1 = 129,2.$$

3.2.9.4 Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_{\text{пр.в.}} = \frac{129,2 \cdot 67,25 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 10860 \text{ Вт/(м}^2\text{K)}.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.2.10 Коефіцієнт теплопередачі,

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{с.в.}}} + \frac{\delta_{\text{ст.}}}{\lambda_{\text{ст.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{пр.в.}}}}, \quad (3.11)$$

де  $\delta_{\text{ст.}} = 0,002$  мм — товщина стінки труби;

$\lambda_{\text{ст.}} = 50$  Вт/(м К) — теплопровідність сталі.

$$k = \frac{1}{\frac{1}{7234} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{10860}} = 3699 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

### 3.2.11 Середній температурний напір

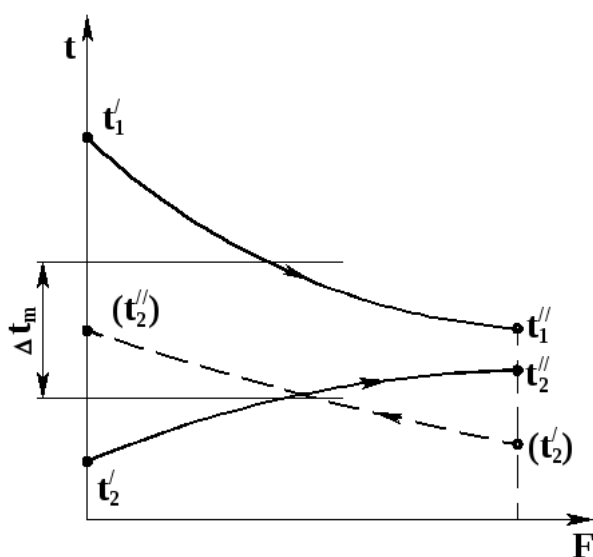


Рисунок 3.2 – Характеристика зміни температур теплоносіїв

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_{\text{с}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{с}}}{\Delta t_{\text{м}}}}, \quad (3.12)$$

$$\Delta t_{\text{с}} = t'_{\text{пр.в.}} - t''_{\text{с.в.}}, \quad (3.13)$$

$$\Delta t_{\text{с}} = 114,9 - 22,4 = 92,5 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t''_{\text{пр.в.}} - t'_{\text{с.в.}}, \quad (3.14)$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 40 - 15 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Тоді

$$\Delta \bar{t} = \frac{92,5 - 25}{\ln \frac{92,5}{25}} = 51,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3.2.12 Густина теплового потоку, Вт/м<sup>2</sup>

$$q = k \cdot \Delta \bar{t}, \quad (3.15)$$

$$q = 3699 \cdot 51,6 = 190887,0 \text{ Вт/м}^2.$$

3.2.13 Виконаємо перевірку прийнятих температур

$$t_{c1} = \bar{t}_{c.B.} + \frac{q}{\alpha_{c.B.}}, \quad (3.16)$$

$$t_{c1} = 18,7 + \frac{190887,0}{7234} = 45,1 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\delta t_{c1} = \left| \frac{t_1^{ct} - t_{c1}}{t_{c1}} \right| \cdot 100, \quad (3.17)$$

$$\delta t_{c1} = \left| \frac{60 - 45,1}{45,1} \right| \cdot 100 = 33,0\%,$$

$$t_{c2} = \bar{t}_{np.B.} - \frac{q}{\alpha_{np.B.}}, \quad (3.18)$$

$$t_{c2} = 77,5 - \frac{190887,0}{10860} = 59,9 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$\delta t_{c2} = \left| \frac{t_2^{ct} - t_{c2}}{t_{c2}} \right| \cdot 100, \quad (3.19)$$

$$\delta t_{c2} = \left| \frac{70 - 59,9}{59,9} \right| \cdot 100 = 16,9\%.$$

3.2.14 Перезадаємося температурами стінки і повторимо розрахунок

3.2.15 Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку сирої води

3.2.15.1 Приймаю температуру стінки  $t_1^{cm} = 45 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Число Прандтля для води при цій температурі  $Pr_{ct} = 3,925$ .

3.2.15.2 Число Рейнольдса

$$Re_{c.B.} = \frac{1,71 \cdot 0,025}{1,045 \cdot 10^{-6}} = 40909.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Оскільки число Рейнольдса більше  $10^4$ , то режим плинину води турбулентний.

### 3.2.15.3 Число Нуссельта для турбулентного режиму плинину води

$$Nu_{с.в.} = 0,021 \cdot 40909^{0,8} \cdot 7,35^{0,43} \left( \frac{7,35}{3,925} \right)^{0,25} \cdot 1 = 283,3.$$

### 3.2.15.4 Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_{с.в.} = \frac{283,3 \cdot 59,58 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 6752 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

### 3.2.16 Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку продувальної води

3.2.16.1 Приймаю температуру стінки  $t_2^{ст} = 60$  °С. Критерій Прандтля для води при цій температурі  $Pr_{ст} = 2,98$ .

### 3.2.16.2 Число Рейнольдса

$$Re_{пр.в.} = \frac{1,70 \cdot 0,008}{0,3775 \cdot 10^{-6}} = 36026.$$

Оскільки число Рейнольдса більше  $10^4$ , то режим плинину води турбулентний.

### 3.2.16.3 Число Нуссельта для турбулентного режиму плинину води

$$Nu_{пр.в.} = 0,021 \cdot 36026^{0,8} \cdot 2,295^{0,43} \left( \frac{2,295}{2,98} \right)^{0,25} \cdot 1 = 124,2.$$

### 3.2.16.4 Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_{пр.в.} = \frac{124,2 \cdot 67,25 \cdot 10^{-2}}{0,008} = 10445 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

### 3.2.17 Коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{6752} + \frac{0,002}{50} + \frac{1}{10445}} = 3523 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

### 3.2.18 Щільність теплового потоку

$$q = 3523 \cdot 51,6 = 181788 \text{ Вт/м}^2.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.2.19 Виконаємо перевірку прийнятих температур

$$t_{c1} = 18,7 + \frac{181788}{6752} = 45,6 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\delta t_{c1} = \left| \frac{45 - 45,6}{45,6} \right| \cdot 100 = 1,3\%,$$

$$t_{c2} = 77,5 - \frac{181788,0}{10445} = 60,1 \text{ }^{\circ}\text{C},$$

$$\delta t_{c2} = \left| \frac{60 - 60,1}{60,1} \right| \cdot 100 = 0,17\%.$$

Прийняті раніше значення температур стінки майже збігаються з отриманими в результаті розрахунку, тому розрахунок слід вважати вірним.

### 3.2.20 Поверхня теплообміну

$$F = \frac{Q \cdot 10^3}{q}, \quad (3.20)$$

$$F = \frac{26,1 \cdot 10^3}{181788} = 0,144 \text{ м}^2.$$

### 3.2.21 Довжина теплообмінного апарату

$$L = \frac{0,144}{3,14 \cdot 32,5} = 1,41 \text{ м}.$$

Приймаю стандартний теплообмінний апарат, довжиною трубок 2 м.

## 3.3 Гідравлічний розрахунок

### 3.3.1 Гідравлічний розрахунок з боку сирої води

#### 3.3.1.1 Коефіцієнт опору тертю

$$\lambda_{mp} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg \text{Re}_2 - 1,64)^2}, \quad (3.21)$$

$$\lambda_{mp} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg(409909) - 1,64)^2} = 0,0136.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 3.3.1.2 Втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda_{\text{тр}} \cdot \frac{\rho_{\text{с.в.}} \cdot (w_{\text{с.в.}}^{\text{д}})^2}{2} \cdot \frac{l \cdot z}{d_2}, \quad (3.22)$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,0136 \cdot \frac{998,4 \cdot 1,71^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,025} = 1588 \text{ Па.}$$

### 3.3.1.3 Сумарний коефіцієнт місцевих опорів

$$\Sigma \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}}, \quad (3.23)$$

де  $\xi_{\text{вх}}, \xi_{\text{вих}}$  — коефіцієнти опору на вході і на виході з труби відповідно. По [ 10]

знаходимо, що  $\xi_{\text{вх}} = 1, \xi_{\text{вих}} = 1.$

$$\Sigma \xi = 1 + 1 = 2.$$

### 3.3.1.4 Втрати тиску на місцеві опори

$$\Delta P_{\text{мс}} = \Sigma \xi \cdot \frac{\rho_{\text{с.в.}} \cdot (w_{\text{с.в.}}^{\text{д}})^2}{2}, \quad (3.24)$$

$$\Delta P_{\text{мс}} = 2 \cdot \frac{998,4 \cdot 1,71^2}{2} = 2919 \text{ Па.}$$

3.3.1.5 Сумарні втрати тиску в охолоднику продувальної води при течії сирої води в трубі

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{мс}}, \quad (3.25)$$

$$\Delta P = 1588 + 2919 = 4507 \text{ Па.}$$

## 3.3.2 Гідрравлічний розрахунок з боку продувальної води

### 3.3.2.1 Коефіцієнт опору тертю

$$\lambda_{\text{тр}} = \frac{1}{(1,82 \cdot \lg(36026) - 1,64)^2} = 0,0391.$$

### 3.3.2.2 Втрати тиску на тертя

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,0391 \cdot \frac{973,3 \cdot 1,7^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,008} = 13748 \text{ Па.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



### 3.3.2.3 Сумарний коефіцієнт місцевих опорів

$$\Sigma \xi = \xi_{\text{вх}} + \xi_{\text{вих}} + 2 \cdot \xi_{90^\circ}, \quad (3.26)$$

де  $\xi_{\text{вх}}, \xi_{\text{вих}}$  — коефіцієнти опору тертю на вході і на виході з труби відповідно,

$\xi_{90^\circ}$  — коефіцієнт опору тертю при зміні напрямку течії води на  $90^\circ$ . По [10] знаходимо, що

$$\xi_{\text{вх}} = 1, \quad \xi_{\text{вих}} = 1, \quad \xi_{90^\circ} = 1.$$

$$\Sigma \xi = 1 + 1 + 2 \cdot 1 = 4.$$

### 3.3.2.4 Втрати тиску на місцеві опори

$$\Delta P_{\text{мс}} = 4 \cdot \frac{973,3 \cdot 1,7^2}{2} = 5626 \text{ Па.}$$

3.3.2.5 Сумарні втрати тиску в охолоднику продувальної води при течії продувальної води в між трубному просторі

$$\Delta P = 13748 + 5626 = 19378 \text{ Па.}$$

## 3.4 Висновок до розділу 3

В даному розділі було проведено розрахунок та вибір охолодника безперервної дії.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 4 ВИБІР УТИЛІЗАТОРА ТЕПЛОТИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ

### 4.1 Вихідні дані

В результаті розрахунку теплової схеми котельні було вибрано:

2 котла HD 4000/10.

- а) Витрата хімічно очищеної води  $G_{\text{хво}} = 1,394$  кг/с.
- б) Температура хімічно очищеної води: на вході  $t'_{\text{св}} = 22,3$  °С.
- в) Паливо — природний газ.
- г) Температура відхідних газів:  $t'_\Gamma = 150$  °С.
- д) Коефіцієнт надлишку повітря за котлами  $\alpha_{\text{yx}} = 1,14$ .
- е) Витрата природного газу на котел  $B_{\text{к}} = 0,0825$  м³/с.
- є) Вологовміст повітря  $d_{\text{в}} = 0,01$  кг/кг с.в.
- ж) Вологовміст палива  $d_{\text{м}} = 0,01$  кг/кг с.т.
- з) Теоретичні об'єми повітря і продуктів згоряння:  $V_{\text{г}}^{\circ} = 9,52$  м³/м³;  $V_{\text{RO2}}^{\circ} = 1,07$  м³/м³;  
 $V_{\text{N2}}^{\circ} = 7,88$  м³/м³;  $V_{\text{H2O}}^{\circ} = 2,21$  м³/м³;  $V_{\text{Г}}^{\circ} = 11,16$  м³/м³;
- к) Дійсний об'єм водяних парів  $V_{\text{H2O}} = 2,231$  м³/м³;
- л) Дійсний об'єм продуктів згоряння  $V_{\text{г}} = 19,39$  м³/м³.

### 4.2 Тепловий розрахунок

#### 4.2.1 Маса сухих продуктів згоряння

$$G_{\text{г}}^{\text{с}} = V_{\text{RO2}}^{\circ} \cdot \rho_{\text{RO2}} + V_{\text{N2}}^{\circ} \cdot \rho_{\text{N2}} + V_{\text{г}}^{\circ} \cdot \rho_{\text{св}} \cdot (\alpha_{\text{yx}} - 1), \quad (4.1)$$

$$G_{\text{г}}^{\text{с}} = 1,07 \cdot 1,96 + 7,88 \cdot 1,25 + 9,52 \cdot 1,293 \cdot (1,14 - 1) = 13,671 \text{ кг/м}^3,$$

$$\text{де } \rho_{\text{RO2}} = 1,96 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{N2}} = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}, \rho_{\text{св}} = 1,293 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

#### 4.2.2 Маса вологих продуктів згоряння

$$G_{\text{г}} = G_{\text{г}}^{\text{с}} + V_{\text{H2O}} \cdot \rho_{\text{H2O}}, \quad (4.2)$$

$$G_{\text{г}} = 13,671 + 2,231 \cdot 0,804 = 15,465 \text{ кг/м}^3.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4.2.3 Вологовміст продуктів згоряння на вході в утилізатор

$$d' = \frac{G_z - G_z^c}{G_z^c}, \quad (4.3)$$

$$d' = \frac{15,465 - 13,671}{13,671} = 0,131 \text{ кг/кг с.г.}$$

#### 4.2.4 Ентальпія продуктів згоряння на вході в утилізатор

$$h'_\Gamma = c_{\text{с.г.}} \cdot t'_\Gamma + (2500 + c_\Gamma \cdot t'_\Gamma) \cdot d', \quad (4.4)$$

де  $c_{\text{с.г.}}$  — теплоємність сухих продуктів згоряння, кДж/(кг·К);

$c_\Gamma$  — теплоємність водяного пару в продуктах згоряння, кДж/(кг·К).

$$h'_{z(\text{вк})} = 1 \cdot 150 + (2500 + 1,97 \cdot 150) \cdot 0,131 = 516,2 \text{ кДж/кг.}$$

#### 4.2.5 Масова витрата сухих продуктів згоряння

$$L_z^c = G_z^c \cdot B_\kappa, \quad (4.5)$$

$$L_{z(\text{вк})}^c = 13,671 \cdot 0,0825 = 1,128 \text{ кг/с.}$$

#### 4.2.6 Визначення теплопродуктивності утилізатора

4.2.6.1 Приймаю температуру продуктів згоряння за утилізатором  $t''_z = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ .

4.2.6.2 Ентальпія продуктів згоряння за утилізатором

$$h''_z = c_{\text{с.з.}} \cdot t''_z + (2500 + c_z \cdot t''_z) \cdot d', \quad (4.6)$$

$$h''_z = 1 \cdot 100 + (2500 + 1,97 \cdot 100) \cdot 0,131 = 453,3 \text{ кДж/кг.}$$

#### 4.2.6.3 Можлива теплопродуктивність утилізатора за котлом

$$Q_{\kappa z} = L_z^c \cdot (h'_z - h''_z), \quad (4.7)$$

$$Q_{\kappa z(\text{вк})} = 1,128 \cdot (516,2 - 453,3) = 71,0 \text{ кВт.}$$

#### 4.2.6.4 Сумарна теплопродуктивність

$$\sum Q_{\kappa z} = 2 \cdot Q_{\kappa z(\text{нк}) \kappa z(\text{вк})}, \quad (4.8)$$

$$\sum Q_{\kappa z} = 2 \cdot 71,0 = 142,0 \text{ кВт.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4.2.6.5 Можлива температура нагріву хімічно очищеної води

$$t''_{x80} = t'_{x80} + \frac{\sum Q_{к2} - Q_{с.в.}}{G_{x80} \cdot c_8}, \quad (4.9)$$

$$t''_{x80} = 22,3 + \frac{71,0}{0,697 \cdot 4,187} = 46,6^{\circ}\text{C}.$$

4.2.6.6 Приймаю температуру продуктів згоряння за утилізатором  $t''_z = 100^{\circ}\text{C}$ .

Підігрівачі хімічно очищеної води встановлюються за кожним котлом.

4.2.6.7 Складемо схему підключення утилізаторної установки по димовим газам і воді, що нагрівається.

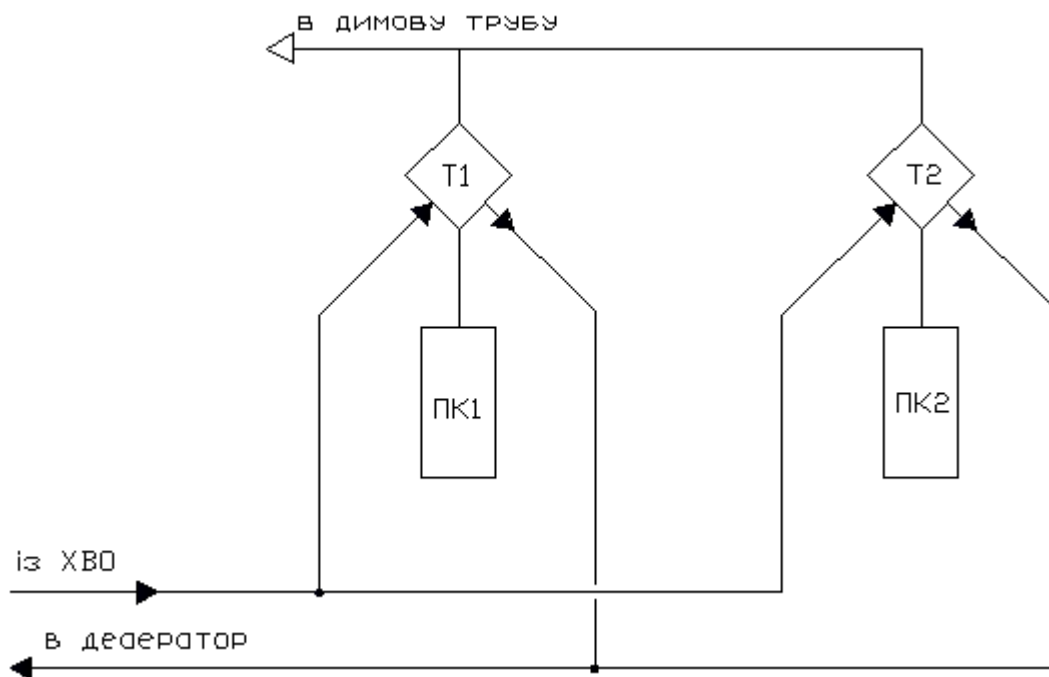


Рисунок 4.1 – Схема підключення утилізаторних установок по димових газах і по воді, що нагрівається.

Таблиця 4.1 — Вихідні дані для вибору утилізаторів

Величина	$Q_{кг}$ , кВт	$L_z^c$ , кг/с	$t'_z$ , °C	$t''_z$ , °C	$G_v$ , кг/с	$t'_g$ , °C	$t''_g$ , °C
Значення	71,0	1,128	150	100	0,697	22,3	46,6

### 4.3 Підбір утилізаційної установки

4.3.1 Задаємося масовою швидкістю продуктів згоряння

$$(\rho v)_{\text{дг}} = 10 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

4.3.2 Живий перетин для проходу продуктів згоряння

$$f_1 = \frac{L_e^c}{(\rho v)_{\text{дг}}}, \quad (4.10)$$

$$f_1 = \frac{1,128}{10} = 0,1128 \text{ м}^2.$$

4.3.3 За довідниковими даними вибираємо утилізатор КСк-3-7.

Технічні дані утилізатора:

- дійсна площа живого перетину по газах  $f_{\text{д}} = 0,137 \text{ м}^2$ ;
- площа поверхні нагріву  $F_{\text{д}} = 16,34 \text{ м}^2$ ;
- площа живого перетину по теплоносію  $f_{\text{т}} = 0,00085 \text{ м}^2$ ;

4.3.4 Із рівняння нерозривності визначаємо швидкість води в трубках утилізатора:

$$\omega_{\text{г}} = \frac{G_{\text{г}}}{f_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{г}} \cdot N}, \quad (4.11)$$

$$\omega_{\text{г}} = \frac{0,697}{0,00085 \cdot 1000} = 0,82 \text{ м/с}.$$

Оскільки  $\omega_{\text{г}} < 1,2 \text{ м/с}$ , то розрахунок продовжуємо.

4.3.5 Дійсна масова швидкість продуктів згоряння в живому перетині утилізатора

$$(\rho v)_{\text{дг}}^{\text{д}} = \frac{L_e^c}{f_{\text{д}}}, \quad (4.13)$$

$$(\rho v)_{\text{дг}}^{\text{д}} = \frac{1,128}{0,137} = 8,23 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

4.3.6 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = 19,31 \cdot (\rho v)_{\text{дг}}^{0,455} \cdot \omega_{\text{г}}^{0,14}, \quad (4.14)$$

$$K = 19,31 \cdot 8,23^{0,455} \cdot 0,82^{0,14} = 49,0 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

#### 4.3.7 Середній температурний напір в утилізаторі (для перехресного плин теплоносіїв)

$$\Delta \bar{t} = \Delta \bar{t}_{\text{прот}} \cdot \varepsilon_{\Delta t}, \quad (4.15)$$

де  $\Delta \bar{t}_{\text{прот}}$  — середній температурний напір для протиточної схеми плин теплоносіїв;

$\varepsilon_{\Delta t}$  — поправка на перехресний плин, приймаю рівною 0,97.

Зобразимо протиточну схему плин теплоносіїв.

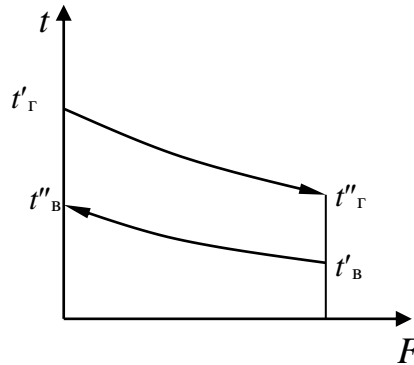


Рисунок 4.2 — Протиточна схема плин теплоносіїв

Середній температурний напір для протиточної схеми плин теплоносіїв

$$\Delta \bar{t}_{\text{прот}} = \frac{t_{\delta} - t_{\text{м}}}{\ln \frac{t_{\delta}}{t_{\text{м}}}}, \quad (4.16)$$

де  $\Delta t_{\delta}, \Delta t_{\text{м}}$  — більша і менша різниця температур відповідно, °С.

$$\Delta t_{\delta} = t'_{\text{Г}} - t''_{\text{В}}, \quad (4.17)$$

$$\Delta t_{\delta} = 150 - 46,6 = 103,4 \text{ °С.}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t''_{\text{Г}} - t'_{\text{В}}, \quad (4.18)$$

$$\Delta t_{\text{м}} = 100 - 22,3 = 77,7 \text{ °С.}$$

Тоді середній температурний напір для протиточної схеми плин теплоносіїв

$$\Delta \bar{t}_{\text{прот}} = \frac{103,4 - 77,7}{\ln \frac{103,4}{77,7}} = 89,9 \text{ °С.}$$

Середній температурний напір в утилізаторі

$$\Delta \bar{t} = 89,9 \cdot 0,97 = 87,2 \text{ °С.}$$

#### 4.3.8 Необхідна поверхня нагріву утилізаційної установки

$$F_{\text{м}} = \frac{Q_{\kappa}}{K \cdot \Delta \bar{t}}, \quad (4.19)$$

$$F_{\text{м}} = \frac{71,0 \cdot 10^3}{49,0 \cdot 87,2} = 16,62 \text{ м}^2.$$

#### 4.3.9 Дійсна поверхня нагріву

$$\begin{aligned}\Sigma F_d &= F_d \cdot N, \\ \Sigma F_d &= 16,34 \cdot 1 = 16,34 \text{ м}^2.\end{aligned}\tag{4.20}$$

Оскільки  $F_T > \Sigma F_d$ , то виберем інший тип калориферів.

Приймаю калорифер КСк-3-8.

#### 4.3.10 По довідниковим даним вибираєм утилізатор КСк-3-8.

Технічні дані утилізатора:

- дійсна площа живого перетину по газах  $f_d = 0,163 \text{ м}^2$ ;
- площа поверхні нагріву  $F_d = 19,42 \text{ м}^2$ ;
- площа живого перетину по теплоносію  $f_t = 0,00085 \text{ м}^2$ ;

#### 4.3.11 Із рівняння нерозривності визначаємо швидкість води в трубках утилізатора:

$$\omega_s = \frac{0,697}{0,00085 \cdot 1000} = 0,82 \text{ м/с}.$$

Оскільки  $\omega_v < 1,2 \text{ м/с}$ , то розрахунок продовжуємо.

#### 4.3.12 Дійсна масова швидкість продуктів згоряння в живому перетині утилізатора

$$(\rho v)_{\text{аз}}^{\text{д}} = \frac{1,128}{0,163} = 6,92 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

#### 4.3.13 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = 19,31 \cdot 6,92^{0,455} \cdot 0,82^{0,14} = 45,3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

#### 4.3.14 Необхідна поверхня нагріву утилізаційної установки

$$F_m = \frac{71,0 \cdot 10^3}{45,3 \cdot 87,2} = 18,0 \text{ м}^2.$$

#### 4.3.15 Дійсна поверхня нагріву

$$\begin{aligned}\Sigma F_d &= 19,42 \cdot 1 = 19,42 \text{ м}^2, \\ \delta F &= \frac{\Sigma F_o - F_m}{\Sigma F_o} \cdot 100, \\ \delta F &= \frac{19,42 - 18,0}{19,42} \cdot 100 = 7,3\%.\end{aligned}\tag{4.21}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Умова запасу дійсної поверхні нагріву  $10\% < \delta F < 20\%$  не виконується, виберемо інший калорифер.

4.3.16 Приймаю калорифер КСК-3-9.

4.3.17 По довідниковим даним вибираєм утилізатор КСК-3-9.

Технічні дані утилізатора:

- дійсна площа живого перетину по газах  $f_d = 0,189 \text{ м}^2$ ;
- площа поверхні нагріву  $F_d = 22,5 \text{ м}^2$ ;
- площа живого перетину по теплоносію  $f_t = 0,00085 \text{ м}^2$ ;

4.3.18 Із рівняння нерозривності визначаємо швидкість води в трубках утилізатора:

$$\omega_g = \frac{0,697}{0,00085 \cdot 1000} = 0,82 \text{ м/с.}$$

Оскільки  $\omega_v < 1,2 \text{ м/с}$ , то розрахунок продовжуємо.

4.3.19 Дійсна масова швидкість продуктів згоряння в живому перетині утилізатора

$$(\rho v)_{\partial z}^o = \frac{1,128}{0,189} = 6,0 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

4.3.20 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = 19,31 \cdot 6,0^{0,455} \cdot 0,82^{0,14} = 42,4 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

4.3.21 Необхідна поверхня нагріву утилізаційної установки

$$F_m = \frac{71,0 \cdot 10^3}{42,4 \cdot 87,2} = 19,2 \text{ м}^2.$$

4.3.22 Дійсна поверхня нагріву

$$\begin{aligned} \Sigma F_d &= 22,5 \cdot 1 = 22,5 \text{ м}^2, \\ \delta F &= \frac{22,5 - 19,2}{22,5} \cdot 100 = 14,7\% . \end{aligned}$$

Умова запасу дійсної поверхні нагріву  $10\% < \delta F < 20\%$  виконується, калориферна установка вибрана вірно.



4.3.23 Складемо схему підключення калориферів по димових газах і воді, що нагрівається

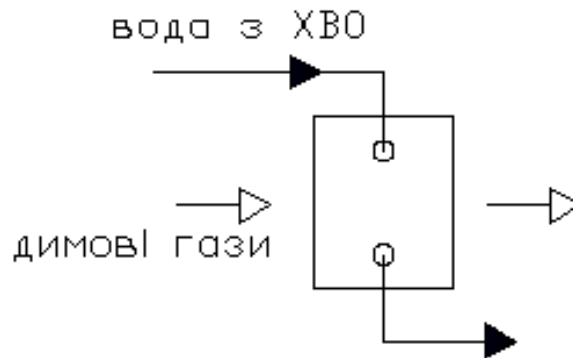


Рисунок 4.3 — Схема калориферної установки

4.3.24 Аеродинамічний опір калориферної установки по димових газах

$$\Delta P_{\partial, \varepsilon} = 1,61 \cdot (\rho v)_{\partial, \varepsilon}^{1,71} \cdot n_{\varepsilon}, \quad (4.22)$$

де  $n_{\varepsilon}$  — кількість калориферних груп, приєднаних послідовно по димових газах;

$$\Delta P_{\partial, \varepsilon} = 1,61 \cdot 6,0^{1,71} \cdot 1 = 34,5 \text{ Па.}$$

4.3.25 Гідравлічний опір калориферної установки по воді

$$\Delta P_{\varepsilon} = 17,2 \cdot \omega_{\varepsilon}^2 \cdot n_{\varepsilon}, \quad (4.23)$$

де  $n_{\varepsilon}$  — кількість калориферних груп, приєднаних послідовно по воді;

$$\Delta P_{\varepsilon} = 17,2 \cdot 0,82^2 \cdot 1 = 11,6 \text{ кПа.}$$

Був проведений підбір калориферної установки за кожним котлом для підігріву води, що надходить із ХВО при максимальному навантаженні на котельню (розрахунковий режим 3).

Перевіримо ефективність роботи вибраної калориферної установки в інших режимах роботи котельні.

Режим I

4.3.3.26 Можлива температура нагріву хімічно очищеної води

$$t''_{\text{хво}} = 9,9 + \frac{71,0}{0,628 \cdot 4,187} = 36,9^{\circ}\text{C.}$$

4.3.3.27 Із рівняння нерозривності визначаємо швидкість води в трубах утилізатора:

$$\omega_{\varepsilon} = \frac{0,628}{0,00085 \cdot 1000} = 0,74 \text{ м/с.}$$

4.3.3.28 Дійсна масова швидкість продуктів згоряння в живому перетині утилізатора

$$(\rho v)_{\partial z}^o = \frac{1,128}{0,189} = 6,0 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

4.3.3.29 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = 19,31 \cdot 6,0^{0,455} \cdot 0,74^{0,14} = 41,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

4.3.3.30 Середній температурний напір в утилізаторі (для перехресного плинну теплоносіїв)

Середній температурний напір для протиточної схеми плинну теплоносіїв

$$\Delta t_6 = 150 - 36,9 = 113,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_M = 100 - 9,9 = 90,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta \bar{t}_{\text{прот}} = \frac{113,1 - 90,1}{\ln \frac{113,1}{90,1}} = 101,2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середній температурний напір в калорифері

$$\Delta \bar{t} = 101,2 \cdot 0,97 = 98,1 \text{ }^\circ\text{C}.$$

4.3.3.31 Необхідна поверхня нагріву утилізаційної установки

$$F_m = \frac{71,0 \cdot 10^3}{41,8 \cdot 98,1} = 17,3 \text{ м}^2.$$

4.3.3.32 Дійсна поверхня нагріву

$$\Sigma F_d = 22,5 \cdot 1 = 22,5 \text{ м}^2.$$

Перевірка умови запасу:

$$\delta F = \frac{22,5 - 17,3}{22,5} \cdot 100 = 23,1\%.$$

Режим II

4.3.3.33 Можлива температура нагріву хімічно очищеної води

$$t''_{\text{хво}} = 9,4 + \frac{71,0}{0,621 \cdot 4,187} = 36,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

4.3.3.34 Із рівняння нерозривності визначаємо швидкість води в трубках утилізатора:

$$\omega_s = \frac{0,621}{0,00085 \cdot 1000} = 0,73 \text{ м/с}.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4.3.3.35 Дійсна масова швидкість продуктів згоряння в живому перетині утилізатора

$$(\rho v)_{\partial z}^o = \frac{1,128}{0,189} = 6,0 \text{ кг/(с} \cdot \text{м}^2\text{)}.$$

4.3.3.36 Коефіцієнт теплопередачі

$$K = 19,31 \cdot 6,0^{0,455} \cdot 0,73^{0,14} = 41,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

4.3.3.37 Середній температурний напір в утилізаторі (для перехресного плинутапносіїв)

Середній температурний напір для протитечійної схеми плинутапносіїв

$$\Delta t_6 = 150 - 36,7 = 113,3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_m = 100 - 9,4 = 90,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta \bar{t}_{\text{прот}} = \frac{113,3 - 90,6}{\ln \frac{113,3}{90,6}} = 101,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середній температурний напір в калорифері

$$\Delta \bar{t} = 101,5 \cdot 0,97 = 98,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

4.3.3.38 Необхідна поверхня нагріву утилізаційної установки

$$F_m = \frac{71,0 \cdot 10^3}{41,8 \cdot 98,5} = 17,2 \text{ м}^2.$$

4.3.3.32 Дійсна поверхня нагріву

$$\Sigma F_d = 22,5 \cdot 1 = 22,5 \text{ м}^2.$$

Перевірка умови запасу:

$$\delta F = \frac{22,5 - 17,2}{22,5} \cdot 100 = 23,6\%.$$

#### 4.4 Висновки до розділу 4

В даному розділі було розраховано та підібрано утилізатор теплоти відхідних газів

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

### 5.1 Визначення капітальних вкладень в котельню

Капітальні вкладення включають в себе одночасні витрати на проектування, будівництво і обладнання котельні, а також на виконання монтажних-наладочних робіт.

#### 5.1.1 Капітальні витрати на проектні роботи

$$K_{\text{пр}}=40000 \text{ грн.}$$

#### 5.1.2 Капітальні витрати на обладнання котельні

$$K_{\text{облад}}=K_1+K_2+K_3+K_4+K_5. \quad (5.1)$$

##### 5.1.2.1 Капітальні витрати на обладнання, трубопроводи, арматуру

$$K_1= K_{\text{пк1}}+ K_{\text{пк2}}+ K_{\text{ХВО}}+ \\ + K_{\text{підв.}}+ K_{\text{ТА}}+ K_{\text{ізол}}+ K_{\text{газоходи}}, \quad (5.2)$$

де  $K_{\text{пк1}}$ ,  $K_{\text{пк2}}$  — капітальні вкладення в паровий котел «*BBS, GmbH*» *HD-4000-10*  $D=4$  т/год;

$$K_{\text{пк}}= K_{\text{пк1}}+ K_{\text{пк2}}=2 \times 280000 \text{ грн} = 560000 \text{ грн},$$

$K_{\text{підв.}}$  — капітальні вкладення в блок підвищуючих насосів *Grundfos CR 15-2*  $G=15$  м<sup>3</sup>/год  $H=0,25$  МПа з електродвигуном  $N=2,2$  кВт,

$$K_{\text{підв.}}=2 \times 12000 \text{ грн} = 24000 \text{ грн},$$

$K_{\text{ХВО}}$  — капітальні вкладення в установку пом'якшення води (фільтр *Hi-Flo Na*-катіонітовий, сольовий бак і насос-дозатор)

$$K_{\text{ХВО}}=36000 \text{ грн},$$

$K_{\text{ТА}}$  — капітальні вкладення в блок теплообмінних апаратів: охолодник безперервного продування, трубопроводи і арматура

$$K_{\text{ТА}}=5000 \text{ грн},$$

$K_{\text{ізол}}$  — капітальні вкладення в теплоізоляцію

$$K_{\text{ізол}}=15200 \text{ грн},$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{\text{газоходи}}$  — капітальні вкладення в газоходи (вартість матеріалів, виробів і конструкцій)

$$K_{\text{газоходи}} = 102400 \text{ грн,}$$

Тоді капітальні витрати на обладнання, трубопроводи і арматуру котельні

$$K_1 = 560000 + 36000 + 24000 + 5000 + 15200 + 102400 = 742600 \text{ грн}$$

5.1.2.2 Капітальні витрати на обладнання внутрішнього водопроводу і каналізації

$$K_2 = 2500 \text{ грн,}$$

5.1.2.3 Капітальні витрати на обладнання внутрішнього опалення і вентиляції

$$K_3 = 3500 \text{ грн,}$$

5.1.2.4 Капітальні витрати на обладнання внутрішнього газопостачання

$$K_4 = 10300 \text{ грн,}$$

5.1.2.5 Капітальні витрати на обладнання автоматизації теломеханічних рішень

$$K_5 = 80000 \text{ грн,}$$

Разом по обладнанню

$$K_{\text{обл.}} = 742600 + 2500 + 3500 + 10300 + 80000 = 838900 \text{ грн.}$$

5.1.3 Капітальні витрати на монтажні роботи

$$K_{\text{монт}} = K_{\text{монт1}} + K_{\text{монт2}} + K_{\text{монт3}} + K_{\text{монт4}} + K_{\text{монт5}} \quad (5.3)$$

де  $K_{\text{монт1}}$  — капітальні витрати на монтаж основного и допоміжного обладнання котельні, трубопроводів и арматури;

$$K_{\text{монт1}} = 56000 \text{ грн,}$$

$K_{\text{монт2}}$  — капітальні витрати на монтаж обладнання внутрішнього водопроводу і каналізації;

$$K_{\text{монт2}} = 800 \text{ грн,}$$

$K_{\text{монт3}}$  — капітальні витрати на монтаж обладнання внутрішнього опалення і вентиляції;

$$K_{\text{монт3}} = 1700 \text{ грн,}$$

$K_{\text{монт4}}$  — капітальні витрати на монтаж обладнання газопостачання;

$$K_{\text{монт4}} = 5000 \text{ грн,}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$K_{\text{монт5}}$  — капітальні витрати на монтаж обладнання автоматизації теломеханічних рішень;

$$K_{\text{монт5}} = 20000 \text{ грн},$$

Разом по монтажним роботам

$$K_{\text{монт}} = 56000 + 800 + 1700 + 5000 + 20000 = 83500 \text{ грн.}$$

#### 5.1.5 Невраховані капітальні витрати

$$K_{\text{неврах}} = 0.2 \cdot (K_{\text{обор}} + K_{\text{монт}}), \quad (5.4)$$

$$K_{\text{неврах}} = 0.2 \cdot (838900 + 83500) = 184480 \text{ грн.}$$

#### 5.1.6 Сумарні капітальні витрати

$$K_{\text{сум}} = K_{\text{облад}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{неврах}} + K_{\text{проект}}, \quad (5.5)$$

$$K_{\text{сум}} = 838900 + 83500 + 184480 + 40000 = 1146880 \text{ грн.}$$

### 5.2 Витрати при експлуатації обладнання

Витрати при експлуатації обладнання складаються з суми витрат на паливо, електроенергію, заробітну плату обслуговуючого персоналу, амортизацію, витрат на ремонт обладнання і неврахованих витрат.

#### 5.2.1 Витрати на паливо

$$I_{\text{пал}} = V_{\text{річ}} \cdot c_{\text{п}}, \quad (5.6)$$

де  $V_{\text{річ}}$  — витрата природного газу на котли за рік,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ;

$$V_{\text{річ}} = 1065000 \text{ м}^3/\text{рік};$$

$c_{\text{п}}$  — вартість природного газу,  $\text{грн}/1000 \text{ м}^3$ ;

$$c_{\text{п}} = 475 \text{ грн.}/1000 \text{ м}^3.$$

$$I_{\text{пал}} = 1065,000 \cdot 475 = 505875 \text{ грн/рік.}$$

#### 5.2.2 Витрати на електроенергію

$$I_{\text{ел}} = W \cdot c_{\text{ел}}, \quad (5.7)$$

де  $W$  — річна витрата електроенергії,  $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{рік}$ ;

$$W = 184000 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{рік},$$

$c_{\text{ел}}$  — вартість одиниці електроенергії,  $\text{грн}/\text{кВт} \cdot \text{год}$ .

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_{\text{ел}} = 0,18 \text{ грн./кВт}\cdot\text{год.}$$

$$I_{\text{ел}} = 184000 \cdot 0,18 = 33120 \text{ грн/рік.}$$

5.2.3 Кошти, що витрачаються на заробітну плату обслуговуючого персоналу

$$I_{\text{зп}} = n_{\text{роб}} \cdot Z_{\text{сер}} \cdot 12, \quad (5.8)$$

де  $n_{\text{роб}}$  — численність обслуговуючого персоналу, чоловік;

$n_{\text{роб}} = 6$  чоловік ;

$Z_{\text{сер}}$  — середньомісячний оклад одного робітника, грн;

$Z_{\text{сер}} = 1500$  грн;

$$I_{\text{зп}} = 6 \cdot 1500 \cdot 12 = 108000 \text{ грн.}$$

5.2.4 Відрахування на амортизацію

$$I_a = H_a \cdot K \quad (5.9)$$

де  $H_a$  — норма амортизації; приймаю  $H_a = 15\%$

$$I_a = 0,15 \cdot 1146880 = 172032 \text{ грн/рік;}$$

5.2.5 Витрати на ремонт обладнання

$$I_p = I_a \cdot 0.8 \quad (5.10)$$

$$I_p = 172032 \cdot 0.8 = 137625,6 \text{ грн;}$$

5.2.6 Невраховані витрати

$$I_{\text{невр}} = 0.2 \cdot (I_{\text{топл}} + I_{\text{ел}} + I_{\text{зп}} + I_a + I_p), \quad (5.11)$$

$$I_{\text{невр}} = 0.2 \cdot (505875 + 33120 + 108000 + 172032 + 137625,6) = 191330,5 \text{ грн.}$$

5.2.7 Сумарні витрати при експлуатації котельні

$$I = I_{\text{пал}} + I_{\text{ел}} + I_{\text{зп}} + I_a + I_p + I_{\text{невр}}; \quad (5.12)$$

$$I = 505875 + 33120 + 108000 + 172032 + 137625,6 + 191330,5 = 1147983 \text{ грн/год.}$$

### 5.3 Економічний ефект від застосування утилізатора теплоти відхідних газів

5.3.1 Капіталовкладення в утилізаційне обладнання

Капіталовкладення в додаткове обладнання складаються з суми капітальних витрат на придбання обладнання, витрат на монтажні роботи, витрат на транспорт і також неврахованих витрат.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Капітальні витрати на придбання утилізаторів

$$K_{\text{ут}} = N_{\text{ут}} \cdot C_{\text{ут}}, \quad (5.13)$$

де  $N_{\text{ут}}$  — кількість утилізаторів, що встановлюються, штук

$C_{\text{ен}}$  — вартість одного утилізатора; приймаю  $C_{\text{ен}} = 500 \text{ грн.}$  грн.

$$K_{\text{ут}} = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на монтажні роботи

$$K_{\text{монт}} = 0,3 \cdot K_{\text{ут}}, \quad (5.14)$$

$$K_{\text{монт}} = 0,3 \cdot 1000 = 300 \text{ грн}$$

Вартість транспортних витрат  $K_{\text{тр}}$ , грн.

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot K_{\text{ут}}, \quad (5.15)$$

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 1000 = 100 \text{ грн}$$

Невраховані капітальні витрати

$$K_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (K_{\text{ут}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{тр}}), \quad (5.16)$$

$$K_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (1000 + 300 + 100) = 280 \text{ грн}$$

Сумарні капіталовкладення в утилізаційне обладнання

$$K = K_{\text{ут}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{невр}}, \quad (5.17)$$

$$K = 1000 + 300 + 100 + 280 = 1680 \text{ грн}$$

### 5.3.2 Витрати при експлуатації обладнання

Витрати при експлуатації обладнання складаються з суми витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу, витрат на амортизацію, витрат на ремонт утилізаційного обладнання і неврахованих витрат.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Кошти, що витрачаються на заробітну плату обслуговуючого персоналу

$$I_{\text{зн}} = n_{\text{роб}} \cdot Z_{\text{сп}} \cdot 12, \quad (5.18)$$

де  $n_{\text{роб}}$  — численість обслуговуючого персоналу, чоловік;  $n_{\text{роб}} = 1 \text{ людина}$ ;

$Z_{\text{сп}}$  - середньомісячний оклад одного робітника;  $Z_{\text{сп}} = 1000$  грн

$$I_{\text{зн}} = 1 \cdot 1000 \cdot 12 = 12000 \text{ грн/рік.}$$

Відрахування на амортизацію

$$I_a = H_a \cdot K, \quad (5.19)$$

де  $H_a$  — норма амортизації; складає  $H_a = 15\%$ ;

$$I_a = 0,15 \cdot 1680 = 252 \text{ грн/рік.}$$

Витрати на ремонт обладнання

$$I_{\text{рем}} = 0,8 \cdot I_a, \quad (5.20)$$

$$I_{\text{рем}} = 0,8 \cdot 252 = 201,6 \text{ грн/рік.}$$

Невраховані витрати

$$I_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (I_{\text{зн}} + I_a + I_{\text{рем}}), \quad (5.21)$$

$$I_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (12000 + 252 + 201,6) = 2490,7 \text{ грн/рік.}$$

Сумарні витрати при експлуатації утилізаційного обладнання

$$I = I_{\text{зн}} + I_a + I_{\text{рем}} + I_{\text{невр}}, \quad (5.22)$$

$$I = 12000 + 252 + 201,6 + 2490,7 = 14944,3 \text{ грн/рік.}$$

### 5.3.3 Економічний ефект від використання установки

Річна кількість теплоти, що виробляється в утилізаційній установці

$$Q_{\text{ут}}^{\text{річ}} = (Q_{\text{ут}} \cdot n_0 + Q_{\text{ут}} \cdot 2 \cdot (365 - n_0)) \cdot 24 \cdot 3,6, \quad (5.23)$$

$$Q_{\text{ут}}^{\text{річ}} = (71 \cdot 189 + 71 \cdot 2 \cdot (365 - 189)) \cdot 24 \cdot 3,6 = 33,19 \cdot 10^5 \text{ МДж/рік.}$$

Річна економія палива

$$B_{ек} = \frac{Q_{ут}^{річ}}{Q_p^n \cdot \eta_{ка}}, \quad (5.24)$$

$$B_{ек} = \frac{33,19 \cdot 10^5}{33,7 \cdot 0,94} = 104764 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Економія коштів на паливо

$$\mathcal{E}_{нал} = B_{ек} \cdot c_{нал}, \quad (5.25)$$

де  $c_{нал}$  — вартість  $1000 \text{ м}^3$  палива (природного газу); приймаю  $c_{нал} = 475$  грн/рік.

$$\mathcal{E}_{нал} = 104,764 \cdot 475 = 49763 \text{ грн/рік.}$$

Економічний ефект від застосування утилізаційної установки

$$\mathcal{E}_{эф} = \mathcal{E}_{нал} - I - K \cdot E_n, \quad (5.26)$$

де  $E_n$  — коефіцієнт порівняльної ефективності додаткових капіталовкладень;  
приймаю  $E_n = 0,15$

$$\mathcal{E}_{эф} = 49763 - 14944 - 0,15 \cdot 1680 = 34567 \text{ грн/рік.}$$

## 5.4 Економічний ефект від застосування охолодника безперервного продування

### 5.4.1 Капіталовкладення в утилізаційне обладнання

Капіталовкладення в додаткове обладнання складаються з суми капітальних витрат на придбання обладнання, витрат на монтажні роботи, витрат на транспорт і також неврахованих витрат.

Капітальні витрати на придбання утилізаторів

$$K_{ут} = N_{ут} \cdot C_{ут},$$

де  $N_{ут}$  — кількість утилізаторів, що встановлюються, штук

$C_{ут}$  — вартість одного утилізатора; приймаю  $C_{ут} = 200 \text{ грн.}$  грн/рік.

$$K_{ут} = 1 \cdot 200 = 200 \text{ грн/рік.}$$

Капітальні витрати на монтажні роботи  $K_{монт},$  грн.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{\text{монт}} = 0,3 \cdot K_{\text{ут}},$$

$$K_{\text{монт}} = 0,3 \cdot 200 = 60 \text{ грн.}$$

Вартість транспортних витрат

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot K_{\text{ут}},$$

$$K_{\text{тр}} = 0,1 \cdot 200 = 20 \text{ грн.}$$

Невраховані капітальні витрати

$$K_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (K_{\text{ут}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{тр}}),$$

$$K_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (200 + 60 + 20) = 56 \text{ грн.}$$

Сумарні капіталовкладення в утилізаційне обладнання

$$K = K_{\text{ут}} + K_{\text{монт}} + K_{\text{тр}} + K_{\text{невр}},$$

$$K = 200 + 60 + 20 + 56 = 336 \text{ грн.}$$

#### 5.4.2 Витрати при експлуатації обладнання

Витрати при експлуатації обладнання складаються з суми витрат на заробітну плату обслуговуючого персоналу, витрат на амортизацію, витрат на ремонт утилізаційного обладнання і неврахованих витрат.

Кошти, що витрачаються на заробітну плату обслуговуючого персоналу

$$I_{\text{зн}} = n_{\text{роб}} \cdot Z_{\text{ср}} \cdot 12,$$

де  $n_{\text{роб}}$  — численість обслуговуючого персоналу, чоловік;  $n_{\text{роб}} = 1 \text{ людина}$ ;

$Z_{\text{ср}}$  - середньомісячний оклад одного робітника;  $Z_{\text{ср}} = 300 \text{ грн.}$ ;      грн.

$$I_{\text{зн}} = 1 \cdot 300 \cdot 12 = 3600 \text{ грн/рік.}$$

Відрахування на амортизацію

$$I_a = H_a \cdot K,$$

де  $H_a$  — норма амортизації; складає  $H_a = 15\%$ ;

$$I_a = 0,15 \cdot 336 = 50,4 \text{ грн/рік.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Витрати на ремонт обладнання

$$I_{\text{рем}} = 0,8 \cdot I_a,$$

$$I_{\text{рем}} = 0,8 \cdot 50,4 = 40,3 \text{ грн/рік.}$$

Невраховані витрати

$$I_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (I_{\text{зн}} + I_a + I_{\text{рем}}),$$

$$I_{\text{невр}} = 0,2 \cdot (3600 + 50,4 + 40,3) = 738,1 \text{ грн/рік.}$$

Сумарні витрати при експлуатації утилізаційного обладнання

$$I = I_{\text{зн}} + I_a + I_{\text{рем}} + I_{\text{невр}},$$

$$I = 3600 + 50,4 + 40,3 + 738,1 = 4418,8 \text{ грн/рік.}$$

#### 5.4.3 Економічний ефект від використання установки

Річна кількість теплоти, що виробляється в утилізаційній установці

$$Q_{\text{ут}}^{\text{річ}} = (Q_{\text{ут}} \cdot n_0 + Q_{\text{ут}} \cdot 2 \cdot (365 - n_0)) \cdot 24 \cdot 3,6,$$

$$Q_{\text{ут}}^{\text{річ}} = 26,1 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3,6 = 8,23 \cdot 10^5 \text{ МДж/рік.}$$

Річна економія палива

$$B_{\text{ек}} = \frac{Q_{\text{ут}}^{\text{річ}}}{Q_p^n \cdot \eta_{\text{ка}}},$$

$$B_{\text{ек}} = \frac{8,23 \cdot 10^5}{33,7 \cdot 0,94} = 25980 \text{ м}^3/\text{рік.}$$

Економія коштів на паливо

$$\mathcal{E}_{\text{нал}} = B_{\text{ек}} \cdot c_{\text{нал}},$$

де  $c_{\text{нал}}$  — вартість  $1000 \text{ м}^3$  палива (природного газу); приймаю  $c_{\text{нал}} = 475 \text{ грн/м}^3$ .

$$\mathcal{E}_{\text{нал}} = 25,980 \cdot 475 = 12341 \text{ грн/рік.}$$

Економічний ефект від застосування утилізаційної установки

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E}_{\text{нал}} - I - K \cdot E_n,$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де  $E_n$  — коефіцієнт порівняльної ефективності додаткових капіталовкладень;  
приймаю  $E_n = 0,15$

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = 12341 - 4418,8 - 0,15 \cdot 336 = 7872 \text{ грн/рік.}$$

### 5.5 Висновок до розділу 5

В даному розділі було визначено мету і завдання стартап-проєкту, розроблено опис самої ідеї, проаналізовано ринкові можливості, витрати та прибутки пов'язані з реалізацією проєкту. Також були розглянуті заходи з комерціалізації проєкту, проведено аналіз ринкових можливостей та обгрунтована рентабельність інвестицій.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 6 ОЦІНКА ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

### 6.1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ОВНС

Розділ “Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)” робочого проекту заміни котлів в котельній м’ясокомбінату в м. Вишневе розроблений на підставі Завдання на розробку матеріалів ОВНС.

Вихідними даними для розробки матеріалів ОВНС послужили:

- дані про фонові концентрації забруднюючих речовин і кліматичні та метеорологічні дані району розташування виробництва, надані Київським обласним центром гідрометеорології;

- Звіт по інвентаризації викидів шкідливих речовин в атмосферу м’ясокомбінату, виконаний в 2019 році;
- ситуаційний план розташування підприємства;
- розрахунки викидів забруднюючих речовин від запроектованих джерел викидів.

Оцінка впливів на навколишнє природне середовище виконана щодо таких його компонентів:

- геологічне середовище;
- повітряне середовище;
- водне середовище;
- ґрунти;
- рослинний і тваринний світ.

Матеріали ОВНС розроблено відповідно до таких нормативних документів:

- СНиП 2.01.01-82 “Строительная климатология и геофизика”;
- ДБН А.2.2-1-2003 “Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Проектування”;
- ДБН А.2.2-3-2004 “Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проектної документації для будівництва”;
- Закон України “Про охорону атмосферного повітря”;
- Закон України “Про екологічну експертизу”;
- Санітарні норми проектування підприємств. СН 245;

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						69
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- Предельно допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочные безопасные уровни воздействия загрязняющих веществ (ОБУВ) в атмосферном воздухе населенных мест. Киев, 1997;

- Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів. Київ, 1996.

## 6.2 Фізико-географічна та кліматична характеристика району розташування підприємства

Існуюче підприємство м'ясокомбінату розташоване в м. Вишневе

Територію виробничого майданчика оточують:

- з півночі - житлова забудова;
- з заходу – промислові підприємства;
- з півдня - промислові підприємства;
- зі сходу - промислові підприємства.

Найближча житлова забудова знаходиться на відстані не менше 150 м від джерела викиду забруднюючих речовин.

Рельєф промайданчика спокійний, спланований, перепад висот не перевищує 50м на 1км, заболоченість відсутня.

Клімат помірно-континентальний, переважний напрямок вітрів південно-східний. Найбільші швидкості вітру спостерігаються в зимовий та весняний періоди.

Метеорологічні характеристики повітря та коефіцієнти, які визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері, наведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 — Метеорологічні характеристики

Найменування характеристик	Значення
Коефіцієнт, залежний від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості в місті	1
Середня максимальна температура повітря найбільш жаркого місяця року, °С	+24,5
Середня температура повітря найбільш холодного місяця року, °С	- 5,8

Середньорічна роза вітрів, %	
ПН	13
Пн Сх	10
Сх	13
Пд Сх	18
Пд	10
Пд Зх	10
Зх	11
Пн Зх	15
Штиль	18
Швидкість вітру (И*) ( по середнім багаторічним даним), повторюваність перевищення якої складає 5%, м/с	8

### 6.3 Загальна характеристика виробництва в зоні його впливу

М'ясокомбінат спеціалізується на виробництві продуктів харчування, пов'язаного з переробкою сільськогосподарської продукції.

Технічне переоснащення котельні підприємства передбачає заміну чотирьох існуючих парових котлів загальною потужністю 4т/годину на два парових котла виробництва котлобудівного заводу BBS,GmbH (Німеччина) типу HD4000-10 загальною потужністю 8т/годину.

Парові котли, що передбачаються до встановлення, мають високий коефіцієнт корисної дії – не нижчий 0,94 (проти ККД 0,82 котлів, що демонтуються), низькі питомі витрати палива на виробіток пари. Котли обладнуються пальниковими пристроями з низьким рівнем емісії забруднюючих речовин (ЗР).

Викиди шкідливостей від запроектованих котлів передбачаються через металеву димову трубу  $D_v=0,7$  м,  $H=24$  м (дж.01). Існуюча димова труба, як джерело викидів ЗР від демонтованих парових котлів (дж. 1), виключається з експлуатації.

Паливом для запроектованих котлів є природний газ. Продукти згорання природного газу в котлах містять такі забруднюючі речовини: вуглецю оксид (CO); азоту оксиди (NO<sub>x</sub>); вуглекислий газ (CO<sub>2</sub>); ртуть (Hg); оксид діазоту (N<sub>2</sub>O); метан (CH<sub>4</sub>).



## 6.4 Характеристика навколишнього природного середовища і оцінка впливів на нього

### 6.4.1 Геологічне середовище

Технічне переоснащення виконується в існуючій будівлі котельні, проммайданчик має всі необхідні інженерні мережі. Запроектована діяльність не включає втручання в геологічне середовище, не спричиняє впливу на нього.

### 6.4.2 Повітряне середовище

#### 6.4.2.1 Стан атмосферного повітря

Існуючий стан атмосферного повітря можна охарактеризувати за фоновими концентраціями забруднюючих речовин, які надані Черкаським обласним центром гідрометеорології і мають такі значення:

- вуглецю оксид -  $0.4 \text{ мг/м}^3$  або 0,08 частки ГДК;
- діоксид азоту -  $0.008 \text{ мг/м}^3$  або 0,094 частки ГДК;

6.4.2.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу від спалювання природного газу в топках котлів

Максимальна теплова потужність котлів складає 8,0 т/год (3,24 Гкал/год).

При фактичній теплотворній здатності газу  $8044 \text{ ккал/нм}^3$  розрахункова витрата ( $B_v$ ) природного газу складає: годинна -  $594 \text{ нм}^3/\text{год}$  ( $0,165 \text{ нм}^3/\text{с}$ ); річна –  $1065 \text{ т.нм}^3/\text{рік}$ .

Продукти згорання природного газу в котлах містять такі забруднюючі речовини: вуглецю оксид ( $CO$ ); азоту оксиди ( $NO_x$ ); вуглекислий газ ( $CO_2$ ); ртуть ( $Hg$ ); оксид діазоту ( $N_2O$ ); метан ( $CH_4$ ).

Димові гази викидаються через димову трубу висотою  $H=24 \text{ м}$  та діаметром витоку  $D_{\text{вит}}=0,7 \text{ м}$ .

Розрахунок разових максимальних викидів (г/с) від котлів (дж. 01)

Розрахунки величин викидів ЗР від парових котлів виконані на підставі даних результатів випробувань, що надані фірмою-постачальником котлів.

Питомі концентрації ЗР в продуктах спалювання палива від парових котлів (в перерахунку на нормальні умови та  $\alpha=1$ ) не перевищують:

- вуглецю оксид –  $45 \text{ мг/нм}^3$ ;
- азоту оксиди (в перерахунку на азоту діоксид) –  $178 \text{ мг/нм}^3$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

6.4.2.2.1 Питомий теоретичний об'єм сухих димових газів ( $V_{сг}^0$ ), який утворюється при спалюванні 1  $\text{м}^3$  природного газу в котлах (при нормальних умовах і коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha = 1$ )

$$V_{сг.}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}, \quad (6.1)$$

$$V_{сг.}^0 = 1,07 + 7,88 = 8,95 \text{ м}_\text{н}^3/\text{м}_\text{н}^3,$$

де  $V_{RO_2}$  — об'єм 3-х атомних газів;

$V_{N_2}^0$  — теоретичний об'єм азоту.

6.4.2.2.2 Питомий теоретичний об'єм сухих димових газів з урахуванням вологості

$$V_{сг.}^0 = V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0, \quad (6.2)$$

$$V_{сг.}^0 = 1,07 + 7,88 + 2,21 = 11,16 \text{ м}_\text{н}^3/\text{м}_\text{н}^3$$

де  $V_{H_2O}^0$  — теоретичний об'єм водяної пари.

6.4.2.2.3 Питомий реальний об'єм димових газів

$$V_{г} = [V_{RO_2} + V_{N_2}^0 + V_{H_2O}^0 + 0,0161(\alpha - 1) V^0 + (\alpha - 1) V^0] \cdot \frac{t + T}{t}, \quad (6.3)$$

де  $\alpha = 1,14$  — коефіцієнт надлишку повітря для котла;

$V^0 = 9,52 \text{ м}_\text{н}^3/\text{м}_\text{н}^3$  — теоретична кількість повітря на згорання;

$t = 150^\circ\text{C}$  — температура димових газів.

$$V_{г} = [1,07 + 7,88 + 2,21 + 0,0161(1,14 - 1) 9,52 + (1,14 - 1) 9,52] \cdot \frac{150 + 273}{273} = 19,39 \text{ м}_\text{н}^3/\text{м}_\text{н}^3.$$

6.4.2.2.4 Загальний об'єм димових газів від котлів при розрахунковому максимальному навантаженні складає:

$$V = B_v \cdot V_{г} \quad (6.4)$$

де  $B_v$  — витрати природного газу котлами,  $\text{м}_\text{н}^3/\text{м}_\text{н}^3$ .

$$V = 0,165 \cdot 19,39 = 3,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

6.4.2.2.5 Максимальні разові викиди забруднюючої речовини при розрахунковому тепловому навантаженні складають:

$$M^{\max} = B_v \cdot V_{сг}^0 \cdot K \cdot 10^{-3}, \quad (6.5)$$

де  $K$  — вміст забруднюючих речовин в сухих димових газах,  $\text{мг}/\text{м}_\text{н}^3$ , при нормальних умовах і коефіцієнті надлишку повітря  $\alpha = 1$

$$M_{CO}^{\max} = 0,165 \cdot 8,95 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 0,0664 \text{ г/с},$$

$$M_{CO}^{\max} = 0,165 \cdot 8,95 \cdot 178 \cdot 10^{-3} = 0,263 \text{ г/с}.$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Розрахунок валових (річних) викидів від котлів

Визначення валових викидів від котлів виконане розрахунковим методом згідно з Методикою Мінпалива та енергетики України – 2002 р.

Розрахунками визначаються показники емісії оксидів азоту та вуглецю, вуглекислого газу, ртуті, оксиду діазоту і метану, які характеризують масову кількість забруднювальної речовини, віднесену до одиниці енергії, що виділяється під час згорання природного газу.

За даними Протоколу якості газу (при стандартних умовах) (див. додаток) середній об'ємний склад сухої маси природного газу становить, %:

метан ( $CH_4$ )	– 95,02;	пентан ( $C_5H_{12}$ )	– 0,12;
етан ( $C_2H_6$ )	– 3,338;	вуглекислий газ ( $CO_2$ )	– 0,046;
пропан ( $C_3H_8$ )	– 0,61;	азот ( $N_2$ )	– 0,716.
бутан ( $C_4H_{10}$ )	– 0,15;		

$$\text{Теплота згорання нижча, } Q_n^p, \frac{\text{ккал}}{\text{м}_n^3} \left( \frac{\text{МДж}}{\text{м}_n^3} \right) = 8044(33,7).$$

#### 6.4.2.2.6 Перерахунок об'ємних складових газу в масові

Питома маса кожного індивідуального газу в сухому природному газі:

$$m_{CH_4} = 0,716 \cdot 0,01 \cdot (CH_4) = 0,716 \cdot 0,01 \cdot 95,02 = 0,68 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{C_2H_6} = 1,342 \cdot 0,01 \cdot (C_2 H_6) = 1,342 \cdot 0,01 \cdot 3,338 = 0,0448 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{C_3H_8} = 1,967 \cdot 0,01 \cdot (C_3 H_8) = 1,967 \cdot 0,01 \cdot 0,61 = 0,012 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{C_4H_{10}} = 2,593 \cdot 0,01 \cdot (C_4 H_{10}) = 2,593 \cdot 0,01 \cdot 0,15 = 0,0039 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{C_5H_{12}} = 3,219 \cdot 0,01 \cdot (C_5 H_{12}) = 3,219 \cdot 0,01 \cdot 0,12 = 0,0039 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{CO_2} = 1,964 \cdot 0,01 \cdot (CO_2) = 1,964 \cdot 0,01 \cdot 0,046 = 0,0009 \text{ кг/м}_n^3;$$

$$m_{N_2} = 1,250 \cdot 0,01 \cdot (N_2) = 1,250 \cdot 0,01 \cdot 0,716 = 0,009 \text{ кг/м}_n^3.$$

Густина сухого природного газу,  $\text{кг/нм}^3$ , при нормальних умовах

$$\rho_n = \Sigma m_{CH_4} + m_{CO_2} + m_{N_2} \quad (6.6)$$

$$\rho_n = 0,68 + 0,0448 + 0,012 + 0,0039 + 0,0039 + 0,0009 + 0,009 = 0,7545 \text{ кг/м}_n^3.$$

Масовий елементарний склад сухого природного газу складається:

- з масового вмісту вуглецю в паливі на горючу масу, %

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C^{daf} = 100/\rho_n (\sum [12p/(12p+q)] \cdot m_{CpHq} + 0,273 m_{CO_2}), \quad (6.7)$$

$$C^{daf} = 100 / 0,7545 \cdot (0,75 \cdot 0,68 + 0,8 \cdot 0,0448 + 0,818 \cdot 0,012 + 0,827 \cdot 0,0039 + 0,833 \cdot 0,0039 + 0,273 \cdot 0,0009) = 78,41 \text{ \%};$$

- масового вмісту водню в паливі на горючу масу, %

$$H^{daf} = 100/\rho_n (\sum [q/(12p+q)] \cdot m_{CpHq} + 0,059 m_{H_2S}), \quad (6.8)$$

$$H^{daf} = 100 / 0,7545 \cdot (0,25 \cdot 0,68 + 0,2 \cdot 0,0448 + 0,182 \cdot 0,0012 + 0,173 \cdot 0,0039 + 0,167 \cdot 0,0039) = 23,92 \text{ \%};$$

- масового вмісту азоту в паливі на горючу масу, %

$$N^{daf} = 100/\rho_n \cdot m_{N_2}, \quad (6.9)$$

$$N^{daf} = 100/0,7545 \cdot 0,009 = 1,19 \text{ \%};$$

- масового вмісту кисню в паливі на горючу масу, %

$$O^{daf} = 100/\rho_n (0,571 m_{CO} + 0,727 m_{CO_2}), \quad (6.10)$$

$$O^{daf} = 100/0,7545 \cdot 0,727 \cdot 0,0009 = 0,0867$$

Таким чином, масовий елементарний склад природного газу:

$$\text{вуглець} - C^r = C^{daf} = 74,8\%;$$

$$\text{водень} - H^r = H^{daf} = 23,92\%;$$

$$\text{азот} - N^r = N^{daf} = 1,19\%;$$

$$\text{кисень} - O^r = O^{daf} = 0,0867\%.$$

#### 6.4.2.2.7 Масова нижча теплота згорання

$$Q_n^p = Q_n^r / \rho_n, \quad (6.11)$$

$$Q_n^p = 33,7/0,7545 = 44,66 \text{ МДж/кг.}$$

#### 6.4.2.2.8 Масова витрата природного газу, т

$$B = B_v \cdot \rho_n, \quad (6.12)$$

$$B = 1065000 \cdot 0,7545 \cdot 10^{-3} = 804 \text{ т/рік.}$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						75
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 6.4.2.2.9 Викиди оксидів азоту

$$E_{NO_x} = k_{NO_x} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (6.13)$$

де  $k_{NO_x}$  — показник емісії оксидів азоту.

$$k_{NO_x} = (k_{NO_x})_0 \cdot f_n \cdot (1 - \eta_1) \cdot (1 - \eta_{11} \cdot \beta), \quad (6.14)$$

де  $(k_{NO_x})_0$  — показник емісії оксидів азоту без урахування заходів скорочення викиду (табл. Д.5, додаток Д);

$f_n = (Q_{\phi}/Q_n)^z$  — ступінь зменшення викиду  $NO_x$  під час роботи на низькому навантаженні при зниженій тепловій потужності котла і емпіричному коефіцієнті  $Z$  (табл. Д.6);

$\eta_1=0,20$  — ефективність первинних заходів скорочення викиду для малотоксичних паливників (табл. Д7);

$\eta_{11}$  — ефективність азотоочисної установки з коефіцієнтом роботи  $\beta$ ; у нашому випадку  $\eta_{11}$  і  $\beta$  дорівнюють 0.

$$(k_{NO_x})_0 = 100 \text{ г/ГДж};$$

$$Z = 1,25;$$

$$f_n = (3/4)^{1,25} = 0,7;$$

$$k_{NO_x} = 100 \cdot 0,7 \cdot (1 - 0,2) = 56 \text{ г/ГДж},$$

$$E_{NO_x} = 56 \cdot 44,6 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 2,011 \text{ т/рік}.$$

#### 6.4.2.2.10 Викиди оксидів вуглецю

$$E_{CO} = k_{CO} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (6.15)$$

Показник емісії оксидів вуглецю згідно з даними табл.Е.1 для парових котлів становить  $k_{CO}=17 \text{ г/ГДж}$ ,

$$E_{CO} = 17 \cdot 44,66 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 0,610 \text{ т/рік}.$$

#### 6.4.2.2.11 Викиди вуглекислого газу

$$E_{CO_2} = k_{CO_2} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (6.16)$$

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Показник емісії

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C^r}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_n^p} \cdot \varepsilon_c, \quad (6.17)$$

де  $\varepsilon_c = 0,995$  – ступінь окислення вуглецю під час спалювання природного газу

$$k_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{74,8}{100} \cdot \frac{10^6}{44,66} \cdot 0,995 = 61105 \text{ г/ГДж},$$

$$E_{CO_2} = 61105 \cdot 44,66 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 2194 \text{ т/рік}.$$

#### 6.4.2.2.12 Викиди ртуті

$$E_{Hg} = k_{Hg} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (6.18)$$

Показник емісії ртуті при спалюванні природного газу  $k_{Hg}=0,0001$  г/ГДж (табл. Д.14).

$$E_{Hg} = 0,0001 \cdot 44,66 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 3,59 \cdot 10^{-6} \text{ т/рік}.$$

#### 6.4.2.2.13 Викиди діоксиду азоту

$$E_{N_2O} = k_{N_2O} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (6.19)$$

Показник емісії діоксиду азоту при спалюванні природного газу  $k_{N_2O}=0,1$  г/ГДж

$$E_{N_2O} = 0,1 \cdot 44,66 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 0,0036 \frac{m}{рік}.$$

#### 6.4.2.2.14 Викиди метану

$$E_{CH_4} = k_{CH_4} \cdot Q_n^p \cdot B \cdot 10^{-6}, \quad (7.20)$$

Показник емісії метану при спалюванні природного газу  $k_{CH_4}=1,0$  г/ГДж.

$$E_{CH_4} = 1,0 \cdot 44,66 \cdot 804 \cdot 10^{-6} = 0,036 \text{ т/рік}.$$

Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря, наведено в таблиці 6.2.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 6.2 — Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в повітря

Код речовини	Найменування речовини	ГДК м.р.	ГДК і сер. доб.	ОБР В	Клас небезпеки	Викид речовин	
						г/сек	т/рік
1	2	3	4	5	6	7	8
301	Діоксид азоту	0.085	0.04	-	2	0.263	2,011
337	Вуглецю оксид	5	3	-	4	0.0664	0,610
Всього:						0,3294	2,621
	Оксид діазоту					-	0,0036
	Вуглекислий газ					-	2194
	Ртуть					-	0.0000036
	Метан						0,036
Разом:						0,3294	2194,661

#### 6.4.2.3 Ступінь впливу підприємства на забруднення атмосфери

У відповідності з вимогами ОНД-1-84, дод.6. визначається ступінь впливу підприємства на забруднення атмосферного повітря, яка характеризується значенням параметра “П”. Розрахунок розсіювання забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери виконується на ПЕОМ по програмі ЕОЛ 3.5, що узгоджена Мінекобезпеки України. Програма виконує багатоваріантний розрахунок концентрації в розрахункових точках при різних швидкостях і напрямках вітру. В програмі автоматично визначається параметр “П”, максимальна приземна концентрація забруднюючих речовин, відстань і швидкість вітру, при якій вони можливі. Виходячи з розрахунку, джерела ЗР за ступенем впливу на забруднення атмосфери відносяться до ІУ класу.

#### 6.4.2.4 Розрахунок та аналіз приземних концентрацій забруднюючих речовин

5.6.3.5 Максимальна концентрація забруднюючих речовин при викиді газо-повітряної суміші

$$C_M = \frac{A \cdot M_{NO_2} \cdot F \cdot m \cdot n \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta T}}, \quad (6.21)$$

де  $\eta$  — безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфа місцевості,  
по [9]  $\eta=1$ ,

$A$  — коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери  
по [9]  $A=200$ ,

$F$  — коефіцієнт, що залежить від швидкості осідання забруднюючих речовин в атмосфері,  
по [9]  $F=1$ ,

$m, n$  — коефіцієнти, що враховують умови виходу димових газів з труби,  
по [9]  $m=1, n=1$ ,

$\Delta T$  — різниця між температурою димових газів на виході з труби,  
і середньою максимальною температурою повітря найбільш жаркого місяця,  
 $\Delta T = 100 - 24,5 = 75,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,

$$C_{NO_2} = \frac{200 \cdot 0,263 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{24^2 \cdot \sqrt[3]{3,2 \cdot 75,5}} = 0,015 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{CO_2} = \frac{200 \cdot 0,0664 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{24^2 \cdot \sqrt[3]{3,2 \cdot 75,5}} = 0,004 \text{ мг/м}^3;$$

Отримані концентрації шкідливих речовин менше допустимого по нормам  $C_{дон} = 0,085 \text{ мг/м}^3$ .

#### 6.4.2.7 Пояснення до межі санітарно-захисної зони (СЗЗ)

Згідно дод.№4 до “Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів”, затверджених наказом Міністерства охорони здоров’я України від 19.06.96 р. за № 173, основне виробництво, для якого експлуатується котельня ( Виробництво по обробці харчових продуктів та смакових речовин), за санітарною класифікацією віднесено до У класу, з нормативною санітарно-захисною зоною 50м від периферійних точок викиду забруднюючих речовин, п.7 “Консервні заводи”.

Розрахункові значення приземних концентрації забруднюючих речовин, що викидаються від котельні, менші за ГДК<sub>м.р.</sub>, чим забезпечуються умови ОНД-86, п. 8.1. Рівні шуму на прилеглий до котельні території підприємства не перевищують допустимих значень. В санітарній зоні немає житлових будинків та інших установ, які заборонені нормативами. Таким чином, санітарно-захисна зона котельні входить в межу СЗЗ заводу і не потребує її коригування.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



#### 6.4.2.8 Організація контролю за дотриманням нормативних викидів

Забезпечення заходів контролю за дотриманням природоохоронних нормативів здійснюється лабораторією за договором.

Згідно ОНД-90 ч.1, розділи 5.6, лабораторія забезпечує контроль за джерелами забруднення атмосфери (ДЗА) з визначеною періодичністю для кожного джерела відповідно з галузевою методикою, з записом у контрольному журналі. Графіки контролю ДЗА та плани заходів по зменшенню викидів забруднюючих речовин (ЗР) в атмосферу готуються підприємством та узгоджуються з місцевими органами Мінекології.

#### 6.4.2.9 Заходи щодо регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при несприятливих метеорологічних умовах

Короткочасне збільшення концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери зумовлено, як правило, аномальними несприятливими умовами. Для того, щоб в ці періоди не допускати виникнення високого рівня забруднення атмосферного повітря, необхідно завчасно прогнозувати такі умови і своєчасно зменшувати викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Згідно з вимогами РД 52. 04.52-85 розробка заходів щодо регулювання викидів в атмосферу здійснюється на підприємстві та підрозділами Держкомгідромету. В залежності від очікуваного рівня забруднення атмосферного повітря підрозділами Держкомгідромету доводяться попередження 3-х ступенів. Заходи щодо зниження викидів розробляються для 3-х режимів роботи підприємства в періоди НМУ, якими забезпечується короткочасне скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за рахунок виконання заздалегідь передбачених заходів при НМУ не нижче:

для I режиму  $15 \div 20 \%$  ;

для II режиму  $20 \div 40 \%$  ;

для III режиму  $40 \div 60 \%$  .

Дане виробництво відноситься до IV класу небезпеки, тому для нього немає необхідності здійснювати заходи по регулюванню викидів при НМУ, згідно дод. № 1, таб. 1.4, п.9 до *“Рекомендаций по делению предприятий на категории опасности в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ”*, Новосибирск, 1987г.

На даній ділянці виробництва при НМУ достатньо забезпечити виконання I-го режиму.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заходи по I- му режиму повинні забезпечити зниження концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі атмосфери приблизно на 15÷20%.

Ці заходи носять організаційно - технічний характер, не потребують суттєвих витрат і не ведуть до зниження продуктивності підприємства, це:

- посилений контроль за точним дотриманням технологічного регламенту виробництва, за роботою контрольно-вимірювальних приладів;
- заборона роботи обладнання в форсованому режимі;
- заборона ремонтних робіт, що пов'язані з виділенням забруднюючих речовин в атмосферне повітря, продувку, чистку обладнання, газоходів і ємкостей;
- посилити контроль за герметичністю систем газоходів та агрегатів.

Заходи по регулюванню викидів при НМУ контролюються штатом санітарної лабораторії за договором.

#### 6.4.2.10 Висновки щодо оцінки впливу діяльності на атмосферне повітря

Аналіз розрахунків свідчить, що при заміні котлів в котельній і збільшенні її теплової потужності приземна концентрація забруднюючих речовин на межі санітарно-захисної зони та за її межами буде мати концентрацію в межах дозволених рівнів.

Регламент та ведення технологічного процесу виробництва виключає вірогідність аварійних ситуацій, які можуть привести до аварійних викидів в атмосферу, викидів в водоймища, ґрунти та ін.

### 6.4.3 Заходи щодо захисту від шуму та інших негативних факторів впливу на навколишнє середовище

В проекті передбачаються заходи по зменшенню впливу шуму і вібрації від технологічного обладнання шляхом:

- використання основного і допоміжного технологічного обладнання з шумовими характеристиками, які відповідають вимогам санітарних норм робочої зони;
- відсутність обладнання, що встановлюється за межами котельні;
- швидкість середовищ в трубопроводах, повітропроводах і жалюзійних решітках знаходиться в межах норм.

Вище наведені заходи забезпечують допустимі по нормам рівні шуму на робочих місцях (ГОСТ 12.1.003-86) і на прилеглій території (СН 3044-85; СН 3041-85).

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Реалізація проекту заміни котлів в котельній характеризується відсутністю джерел радіоактивного випромінювання, ультра - звуку, електромагнітного та іонізуючого випромінювання, дія яких розповсюджується за межі виробничих приміщень.

#### **6.4.4 Водне середовище**

Розрахункова витрата води згідно з робочим проектом заміни котлів складає 162м<sup>3</sup>/добу.

Розрахункові витрати води на пожежогасіння складають 5 л/с ( 2 струмені по 2.5 л/с ).

Даним робочим проектом зберігаються існуючі системи виробничо-протипожежного та господарсько-питного водопостачання котельні.

Існуючий ввід водопроводу в котельню зберігається існуючим.

Розрахунковий скид стічної води складає 16 м<sup>3</sup>/добу від регенерації фільтрів установки водоочищення та 12 м<sup>3</sup>/добу від продувки котлів.

Відведення стічних вод передбачене до існуючої системи каналізації підприємства.

Система побутової каналізації котельні зберігається в експлуатації без змін.

#### **6.4.5 Рослинний та тваринний світ, заповідні об'єкти**

Заповідні об'єкти в зоні впливу даного виробництва відсутні.

На рослинний та тваринний світ вплив викидів забруднюючих речовин запропонованої діяльності на навколишнє середовище оцінюється як не суттєвий.

#### **6.5 Оцінка впливу планованої діяльності на навколишнє соціальне середовище**

Соціально-економічна направленість проектованої діяльності — забезпечення теплового навантаження основного технологічного процесу, яке в свою чергу надасть можливість розширення виробництва, забезпечення потреб населення висоякісними продуктами харчування вітчизняного виробництва і додатковими робочими місцями.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## **6.6 Оцінка впливів проекрованої діяльності на навколишнє техногенне середовище**

Котельня розташоване на території м'ясокомбінату. Найближча житлова забудова знаходиться на відстані більше 150 м. Пам'ятники архітектури, історії і культури, культурні ландшафти на прилеглій території відсутні.

Внаслідок цього, вплив проекрованої діяльності на навколишнє техногенне середовище відсутній.

## **6.7 Заходи щодо забезпечення нормативного стану навколишнього середовища та екологічної безпеки**

Для забезпечення нормативного стану навколишнього середовища передбачена мінімальність впливу запроектованої діяльності на навколишнє середовище шляхом:

- застосування екологосумісної технології,
- залпові викиди в технологічному процесі відсутні;
- виробничі стічні води поступають у самопливну мережу виробничої каналізації.

## **6.8 Комплексна оцінка впливів проекрованої діяльності на навколишнє середовище та характеристика залишкових впливів**

Незначний рівень впливу на навколишнє середовище та мінімізація екологічних ризиків від запроектованої діяльності досягається завдяки установки сучасних вискоефективних парових котлів з низьким рівнем емісії в атмосферу шкідливих речовин.

В результаті здійснення запроектованих заходів максимальні концентрації забруднюючих речовин в приземному шарі повітря в зоні впливу підприємства будуть мати рівні, нижчі від гранично-допустимих.

Аналіз розрахунків приземної концентрації забруднюючих речовин проектового виробництва свідчить, що максимальну приземну концентрацію (без урахування фону) більше 10% від ГДК мають такі речовини:

- діоксид азоту - 0.049 частки ГДК.

Запроектована діяльність спричинятиме незначний вплив на повітряне середовище.

В результаті природоохоронних заходів очікується такий розрахунковий обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу:

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 6.3 — Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в повітря від запроектованого виробництва

Найменування речовини	Викид речовин	
	г/сек	т/рік
Діоксид азоту	0.263	2,011
Вуглецю оксид	0.0664	0,610
Оксид діазоту	-	0,0036
Вуглекислий газ	-	2194
Ртуть	-	0.0000036
Метан	-	0,036
Всього:	0,3294	2196,661

#### 6.9 Висновки до розділу 6

Розрахункові витрати води на виробничі потреби складають 162 м<sup>3</sup>/добу.

Розрахункові витрати води на пожежогасіння складають 5 л/с ( 2 струмені по 2.5 л/с ).

Виробничі стічні води направляються у самопливну мережу виробничої каналізації з подальшим скидом у систему каналізації міста.

Рівні шуму на прилеглий до котельні території підприємства не перевищують допустимих значень.

Внаслідок низького впливу на навколишнє середовище та відсутність в виробництві аварійно-небезпечних технологічних процесів при дотриманні техніки безпеки, правил та норм екологічний ризик запроектованої діяльності оцінюється як незначний.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі запропоновані для розробки відповідні технічні рішення та організаційні заходи з безпечної експлуатації спроектованого обладнання, а також технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії і визначені основні заходи з безпеки у надзвичайних ситуаціях.

### 7.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я, життя й працездатності людини в процесі праці.

Тема магістерського проекту: Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області . Основним видом палива є природний газ. Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщеннях котельні виконані згідно вимог ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

При проектуванні котельні виконані вимоги ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні” та інших чинних нормативних актів з охорони праці та пожежної безпеки. Архітектурно - планувальні та будівельні рішення забезпечують заходи з охорони праці та протипожежні заходи у відповідності з ДБН В.2.5-77:2014 “Котельні”, НАПБ А.01.001-2014 Правила пожежної безпеки в Україні та вимогам чинних нормативно - правових актів - ДБН В.2.5-20:2018, НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання та ін.

На котельні розташовані спеціальні та побутові приміщення (сан. вузли, гардеробні, лабораторія ХВО, майстерні КВП, кабінет начальника котельні, кабінет старшого майстра, операторна та ін.)

Проектом забезпечується автоматичне ведення процесу виробництва теплової енергії, передбачаються заходи з охорони праці, промислової санітарії, які забезпечують нормальні умови для персоналу при експлуатації котельні.

У комплект котла входить запобіжна, регулююча арматура, комплекс пристроїв, що забезпечують автоматичне керування котлоагрегатом і захист від аварійних ситуацій, засоби контролю та сигналізації.

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 7.1.1 Система автоматизації

В розробленому проекті системи автоматизації забезпечують:

1. Контроль параметрів технологічного процесу і сигналізацію відхилень їх від заданого значення.
2. Автоматичне управління основними технологічними блоками, агрегатами і виконавчими механізмами.
3. Автоматичне регулювання основних технологічних параметрів.
4. Автоматичне відключення подачі газу при підвищенні допустимої концентрації горючих газів у приміщенні.
5. Автоматичне відключення котлів в аварійних ситуаціях.

Підтримання технологічних режимів відбувається автоматично за допомогою регуляторів фірми Viessmann, вбудованих в котли, і які поставляються в комплекті з технологічним обладнанням.

Передбачений у проекті обсяг автоматизації та контролю котельні забезпечує надійну, економічну і безаварійну роботу обладнання, а також можливість аналізу роботи обладнання.

Комплекс засобів управління забезпечує автоматичний пуск і зупинку котла за алгоритмом, який задається в залежності від температури зовнішнього повітря, автоматичне регулювання температури води за котлом, сигналізацію про роботу комплексу і стан котла, захист котла і переривання подачі палива при виникненні аварійної ситуації за такими параметрами:

- переривання подачі води в котел;
- згасання факела в топці;
- перевищення тиску води;
- зниження тиску води нижче допустимого;
- перевищення температури води на виході з котла;
- зниження витрати води через котел нижче допустимого;
- виявлення несправності запобіжного клапана;
- перевищення тиску газу або падіння тиску газу;
- відхилення тиску повітря (вище або нижче норми), що подається вентилятором;
- відключення вентилятора дуттєвого повітря;
- перевищення температури димових газів;
- несправності автоматики безпеки, аварійної сигналізації;
- зникнення напруги.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 7.1.2 Компонівка основного і допоміжного обладнання

Компонування основного і допоміжного устаткування в приміщенні котельні виконано згідно з НПАОП 0.00-1.81-18 Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском і передбачає можливість демонтажу і монтажу котлів в умовах діючого виробництва.

Відстань від фронту котлів до протилежної колони по осі Б становить 5 м , відстань від пальника до цієї колони – 4 м.

Для видалення димових газів проектом передбачаються індивідуальний газохід для котла з врізкою до існуючої цегляної димової труби. Діаметр газоходу - 1300 мм.

Котли працюють на загальну димову трубу висотою 60 м, діаметром гирла 2,4 м.

Для обслуговування котлів, запобіжних клапанів і арматури на трубопроводах від котлів проектом передбачена металева площадка на відм. 5 м. Приладами контролю та автоматизації в котельні обладнані всі водогрійні котли і допоміжне обладнання котельні.

### 7.1.3 Організаційні заходи з техніки безпеки

При експлуатації і обслуговуванні котлів слід керуватися діючими НПАОП 0.00-1.76-15 Правила безпеки систем газопостачання, "Правил будови та безпечної експлуатації об'єкта електроустановок споживачів", "Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів" для електроустановок напругою до 1000 В.

До роботи на котлах можуть бути допущені особи , які пройшли інструктаж з охорони праці і які мають посвідчення на право роботи з газифікованим обладнанням та обслуговуванням котлів.

До робіт з технічного обслуговування і ремонту електроустаткування і автоматики допускаються особи, які мають право на проведення робіт в електроустановках, з кваліфікацією не менш III розряду.

Клеми датчиків і виконавчих приладів повинні бути надійно захищені від попадання пилу і вологи. Металоконструкції та електрообладнання повинно бути надійно заземлено.

Забороняється знімати кришки з електроустаткування при наявності напруги, а також експлуатувати електрообладнання зі знятими кришками.

Забороняється повторний запуск пальників після аварійного вимкнення без з'ясування і усунення причин вимикання.

Експлуатація пальників при несправній автоматиці забороняється .

При витоку газу забороняється робота пальника, запалювання вогню, включення і виключення електрообладнання.

Всі види ремонтних і профілактичних робіт робити тільки на непрацюючому обладнанні, при відключенні від блокової пальника електричних і газових мереж .

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Розміщення приладів і проводок виконати за місцем, монтаж захисного занулення виконати відповідно до інструкції з монтажу захисного заземлення електроустановок систем автоматизації РМ4 -200- 82 .

Монтаж приладів і засобів автоматизації виконати згідно будівельних норм і правил СНиП 3.05.07-85 .

#### 7.1.4 Електробезпека

В електроустановках котельні передбачена система заземлення електроустановок *TN-C-S*. Проектовані електромережі виконуються 5- ти і 4 - х провідними із захисним РЕ провідником.

Для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках котельні передбачається зрівняння потенціалів, для чого в ТП встановлюється головна заземлювальна шина, яка підключається до зовнішнього захисного заземлення.

До головної заземлювальної шини приєднуються всі захисні РЕ провідники внутрішніх мереж, металеві труби комунікацій, які входять в будівлю, металеві елементи будівлі котельні.

Конструкція, виконання і клас ізоляції застосованого обладнання і матеріалів обрані відповідно до умов навколишнього середовища, пожежної безпеки приміщень та прокладання електромереж.

Види електропроводок і способи прокладки електрокабелів прийняті з урахуванням вимог електро- та пожежної безпеки. Оболонки та ізоляція кабелів відповідають способам прокладки і умов навколишнього середовища.

Згідно з вимогами НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів електроприміщення комплектуються основними і допоміжними захисними засобами, а також первинними засобами пожежогасіння. Обсяг захисних засобів може збільшуватися залежно від системи організації експлуатації та місцевих умов.

Умови праці при експлуатації та ремонті мереж і електроустановок повинні відповідати вимогам безпеки та захисту працівників від небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть впливати на їх здоров'я, згідно з ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація.

Для створення та дотримання безпечних і нешкідливих умов праці при експлуатації та ремонті мереж і споруд електропостачання необхідно керуватися вимогами НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98), а при виконанні окремих видів робіт, які є не специфічними для електротехнічного персоналу - вимогами міжгалузевих, чинних в Україні нормативних актів про охорону праці.

Технологічні карти або інша технічна документація повинні містити вимоги безпеки, дотримання яких є обов'язковим при організації та виконанні робіт.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Експлуатувати ( обслуговувати ) електрогосподарство котельні повинен відповідно підготовлений штат електротехнічного персоналу , забезпечений всіма необхідними засобами і обладнанням для виконання ремонтних робіт .

Електромонтажні роботи виконувати згідно з вимогами СНиП 3.05.06-85.

## **7.2 Технічні рішення та організаційні заходи з гігієни праці та виробничої санітарії**

### **7.2.1 Мікроклімат робочої зони**

Під мікрокліматом виробничих приміщень розуміють клімат внутрішнього середовища виробничого приміщення, який визначається поєднаними діями на організм людини, температури, вологості, швидкості руху повітря та теплових випромінювань. Отже, основними параметрами мікроклімату є: температура, відносна вологість, швидкість переміщення повітря та інтенсивність теплового випромінювання. Параметри мікроклімату можуть змінюватись у широких межах і істотно впливати на самопочуття та здоров'я працівника продуктивність та якість його праці. Людина постійно знаходиться в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем.

Параметри мікроклімату діють на організм людини комплексно. Параметри мікроклімату нормуються по ДСН 3.3.6.042-99 (Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони) залежно від тяжкості виконуваних робіт і періоду року.

Відповідно до цього нормовані параметри зводимо в табл. 10.1

Таблиця 7.1 - Допустимі і оптимальні параметри температури повітря, відносної вологості і швидкості руху повітря

Період року	Оптимальні параметри			Допустимі параметри		
	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$V, \text{м/с}$	$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$V, \text{м/с}$
Теплий	22-24	40-60	0,2	21-28	$\leq 60$	0,1-0,3
Холодний	21-23	40-60	0,1	20-24	$\leq 75$	0,1-0,2

Технічні рішення для забезпечення вимог норм (регламентуються):

- вентиляція котельного залу на всі періоди року передбачена припливно - витяжна, розрахована на асиміляцію теплонадлишків. Обсяг припливного повітря компенсує об'єм повітря, що надходить на горіння у топки котлів і видаляється витяжною вентиляцією. У котельному залі незалежно від режиму експлуатації забезпечується постійний 3- х кратний обмін;

- для підтримки необхідної температури в приміщеннях котельної в зимовий час в котельній виконується опалювання. Теплоносієм системи опалювання є гаряча вода що йде в систему опалювання від водогрійних котлів;

- проходить зниження викидів забруднюючих речовин за рахунок скорочення витрати палива, застосування досконаліших газоспалюючих пристроїв;

- димова труба забезпечує розсіювання шкідливих викидів на великі площі.

#### 7.2.2 Заходи по оптимізації складу повітря робочої зони персоналу котельні

Для безпечної роботи в приміщенні котельні встановлюється газоаналізатор. Контроль наявності до-вибухонебезпечної концентрації природного газу в приміщенні котельні, а саме метану ( $CH_4$ ), а також перевищення концентрації чадного газу ( $CO$ ) виконується системою газоаналізатора ВАРТА 1-03 ЗАТ "ТЕМІО".

При досягненні загазованості приміщення 10% від нижньої межі займистості природного газу, а також при перевищенні 200 *p.p.t.* чадного газу, включається попереджувальна сигналізація. При досягненні загазованості приміщення 20% від нижньої межі займистості природного газу спрацьовує газосигналізатор, який приводить в дію швидкодіючий клапан - відсікач на вводі газопроводу. Також передбачається контроль зниження температури в котельні, пожежний контроль (підвищення температури повітря в котельні вище 70 ° C) і охоронна сигналізація.

#### 7.2.3 Заходи по оптимізації виробничого освітлення робочих місць

У котельні передбачені наступні види освітлення:

- робоче освітлення на напрузі 220 В;
- аварійно - евакуаційне на напрузі 220 В;
- ремонтне освітлення на напрузі 12 В.

Підключення щитів освітлення виконано від ТП кабельними лініями по радіальних схемах.

Мережі освітлення захищені від перевантаження і струмів короткого замикання.

Ремонтне освітлення виконується на напрузі 12 В і живиться від мережі аварійного освітлення через знижувальні трансформатори 220/ 12 В.

Проектні рішення по природному, штучному і комбінованому освітленню приміщень та окремих зон відповідають вимогам ДБН В.2.5-28-2018.

#### 7.2.4 Засоби і методи захисту від виробничого шуму

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в котельній передбачені наступні засоби:

для машиніста котлів створене окреме, ізольоване від шуму, приміщення з розміщенням в ньому щитів технологічної сигналізації (щитова);

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						90
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

службово-побутові приміщення захищені від шуму діючого устаткування глухими стінами;

- застосовуються засоби індивідуального захисту від шуму – протишумні навушники;
- зменшення шуму в джерелі шляхом вдосконалення устаткування і експлуатації його в нормальних режимах.

вентилятори і димососи встановлюються за котлом біля стіни будівлі, самої віддаленої від робочих місць обслуговуючого персоналу;

для зниження рівня звукового тиску в газоході і димовій трубі при швидкості потоку понад 15 м/с встановлюються пластинчаті глушники шуму з напівжорсткої мінеральної плити в оболонці із склотканини і перфорованого листа;

- воздуховоди і вентиляційне устаткування приєднуються за допомогою гнучких вставок.

Рівень звукового тиску від обладнання котельні та викиди шкідливих речовин не перевищують нормативних даних.

Для зниження рівня шуму і для запобігання вібрацій, які можуть передаватися від обладнання (мережеві насоси, насоси циркуляційні) проектом передбачені гнучкі трубопровідні вставки.

#### 7.2.5 Захист від інфрачервоного випромінювання при експлуатації обладнання котельні

Теплові випромінювання від нагрітих предметів та устаткування значно впливають на створення несприятливих мікрокліматичних умов у виробничих приміщеннях. Крім того, теплові (інфрачервоні) випромінювання також впливають на організм людини. Ефективність такого впливу залежить від густини потоку енергії інфрачервоних випромінювань, довжини хвилі, тривалості і зони (області) впливу.

Останній може бути загальним і локальним.

Інтенсивність теплового опромінювання людини від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м<sup>2</sup> у разі опромінення 50% поверхні тіла і 70 Вт/м<sup>2</sup> - у разі опромінення від 25 до 50% та 100 Вт/м<sup>2</sup> - у випадку опромінення до 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінювання працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, "відкрите" полум'я тощо) не повинна перевищувати 140 Вт/м<sup>2</sup>, при цьому опроміненню не повинно підлягати більше 25% поверхні тіла, і обов'язковим є використання засобів захисту обличчя та очей.

Для забезпечення допустимих параметрів теплових (інфрачервоних) випромінювань в котельній проектом передбачені наступні засоби і методи захисту:

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						91
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- в котельній виконується теплова ізоляція технологічного обладнання, що має температуру >45 °С. [3];

- використання засобів захисту обличчя та очей;

- для поповнення водного балансу персонал отримує підсолену газовану воду з розрахунку 4-5л на зміну;

- обов'язкове забезпечення персоналу спецодягом.

### **7.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

Безпека в надзвичайних ситуаціях (БНС) регламентується планами локалізації та ліквідації аварій експлуатації (ПЛАС). Одними з основних складових є розробка технічних рішень та організаційних заходів щодо оповіщення, евакуації та дій персоналу котельні у разі виникнення надзвичайної ситуації (НС), а також визначення основних заходів з питань пожежної безпеки.

#### **7.3.1 Обв'язки та дії персоналу у разі виникнення НС**

У разі виникнення НС працівники зобов'язані діяти тверезо й спокійно, не панікувати, точно й оперативно слідувати вказівкам керівництва підприємства, осіб, відповідальних за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, а також представників ДСНС та державної пожежної охорони.

У випадку виникнення НС кожний працівник мусить:

припинити роботу (якщо це дозволено технологічним процесом виробництва);

якнайшвидше сповістити про НС керівника та відповідальну посадову особу;

приступити до ліквідації (локалізації) НС наявними засобами;

за необхідності викликати підрозділи ДСНС.

Керівництво підприємства, а також особи, відповідальні за цивільний захист (цивільну оборону) та техногенну безпеку, протипожежну безпеку, охорону праці, зобов'язані в разі виникнення НС:

перевірити та продублювати повідомлення про НС, довести це до відома керівника підприємства;

оцінити умови, з'ясувати кількість і місцезнаходження людей, за потреби вжити заходів щодо оповіщення працівників, населення про НС;

під час загрози для життя людей негайно організувати їх рятування (евакуацію), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

забезпечити виведення з небезпечної зони людей, які не беруть безпосередньої участі в ліквідації НС;

обмежити допуск людей та транспортних засобів до небезпечної зони;

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						92
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

у разі необхідності виконати: відключення електроенергії (за винятком систем протипожежного захисту), зупинку транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекриття сировинних, газових комунікацій, зупинку систем вентиляції в аварійному приміщенні (за винятком пристроїв протидимового захисту) та вжити інших заходів, що сприяють ліквідації (локалізації) НС;

організувати надання медичної допомоги потерпілим, харчування та відпочинок осіб, які беруть участь у ліквідації НС;

У разі дій щодо локалізації (ліквідації) наслідків НС потрібно:

постійно враховувати реальні можливості й ресурси підприємства, накопичений персоналом підприємства досвід дій під час НС, ступінь небезпеки для життя та здоров'я людей, довкілля;

організувати оповіщення й зустріч підрозділів ДСНС та інших служб, забезпечити узгодженість дій персоналу підприємства й підрозділів аварійно-рятувальної, медичної та інших служб;

у випадку необхідності організувати евакуацію персоналу (частини персоналу) та матеріальних цінностей.

На особу, відповідальну за стан цивільного захисту (цивільної оборони) та техногенної безпеки на підприємстві, покладають:

оповіщення працівників, уточнення даних про транспортні засоби, що виділяються для евакуації, термін їхньої подачі, маршрути та порядок руху;

організацію й контроль посадки евакуйованих працівників на транспортні засоби та відправку колон;

інформування керівництва підприємства та вповноважених органів влади про хід евакуації

Посадові особи, на яких чинними нормативно-правовими актами покладаються обов'язки щодо локалізації (ліквідації) аварійної ситуації (аварії), несуть відповідальність згідно із законодавством.

**7.3.2 Вимоги щодо організації ефективної роботи системи оповіщення виробничого персоналу при НС**

Для підвищення безпеки в надзвичайних ситуаціях (НС) пропонується встановлення системи оповіщення (СО) виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу у разі виникнення НС, наприклад при пожежі, здійснюється відповідно до вимог ДБН В.2.5-56-2014.

Оповіщення про НС та управління евакуацією людей здійснюється одним з наступних способів або їх комбінацією:

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

поданням звукових і (або) світлових сигналів в усі виробничі приміщення будівлі з постійним або тимчасовим перебуванням людей;

трансляцією текстів про необхідність евакуації, шляхи евакуації, напрямки руху й інші дії, спрямовані на забезпечення безпеки людей;

трансляцією спеціально розроблених текстів, спрямованих на запобігання паніці й іншим явищам, що ускладнюють евакуацію;

ввімкненням евакуаційних знаків "Вихід";

ввімкненням евакуаційного освітлення та світлових показників напрямку евакуації;

дистанційним відкриванням дверей евакуаційних виходів.

Як правило, СО вмикається автоматично від сигналу про пожежу, який формується системою пожежної сигналізації або системою пожежогасіння. Також з приміщення оперативного (чергового) персоналу СО (диспетчера пожежного поста) слід передбачати можливість запуску СО вручну, що забезпечує надійну роботу СО не тільки при пожежі, а і у разі виникнення будь-якої іншої НС.

Згідно з вимогами ДБН В.1.1-7:2016 (Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги) необхідно забезпечити можливість прямої трансляції мовленнєвого оповіщення та керівних команд через мікрофон для оперативного реагування в разі зміни обставин або порушення нормальних умов евакуації виробничого персоналу.

Оповіщення виробничого персоналу про НС /пожежу/ здійснюється за допомогою світлових та/або звукових оповіщувачів - обладнуються всі виробничі приміщення.

СО повинна розпочати трансляцію сигналу оповіщення про НС /пожежу/, не пізніше трьох секунд з моменту отримання сигналу про НС /пожежу/.

Пульти управління СО необхідно розмішувати у приміщенні пожежного поста, диспетчерської або іншого спеціального приміщення (в разі його наявності). Ці приміщення повинні відповідати вимогам ДБН В.2.5-56-2014.

Кількість звукових та мовленнєвих оповіщувачів, їх розміщення та потужність повинні забезпечувати необхідний рівень звуку в усіх місцях постійного або тимчасового перебування виробничого персоналу.

Звукові оповіщувачі повинні комбінуватися зі світловими, які працюють у режимі спалахування, у таких випадках:

- у приміщеннях, де люди перебувають у шумозахисному спорядженні;
- у приміщеннях з рівнем шуму понад 95 дБ.

Допускається використовувати евакуаційні світлові показники, що автоматично вмикаються при отриманні СО командного імпульсу про початок оповіщення про НС /пожежу/ та (або) аварійному припиненні живлення робочого освітлення.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						94
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Вимоги до світлових показників "Вихід" приймаються відповідно до ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

СО в режимі "Тривога" повинна функціонувати протягом часу, необхідного для евакуації людей з будинку, але не менше 15 хвилин.

Вихід з ладу одного з оповіщувачів не повинен призводити до виведення з ладу ланки оповіщувачів, до якої вони під'єднанні.

Електропостачання СО здійснюється за I категорією надійності згідно з "Правилами устрою електроустановок" (ПУЕ) від двох незалежних джерел енергії: основного - від мережі змінного струму, резервного - від акумуляторних батарей тощо.

Перехід з основного джерела електропостачання на резервний та у зворотному напрямку в разі відновлення централізованого електропостачання повинен бути автоматичним.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у черговому режимі має бути не менш 24 годин.

Тривалість роботи СО від резервного джерела енергії у режимі "Тривога" має бути не менше 15 хвилин.

Звукові оповіщувачі повинні відповідати вимогам ДСТУ EN 54-3:2003 "Системи пожежної сигналізації. Частина 3. Оповіщувачі пожежні звукові\*".

Світлові оповіщувачі, які працюють у режимі спалахування, повинні бути червоного кольору, мати частоту мигтіння в межах від 0,5 Гц до 5 Гц та розташовуватись у межах прямої видимості з постійних робочих місць.

Вимоги щодо організації евакуації персоналу при НС

Евакуація має забезпечити захист працюючого персоналу в разі неможливості вжиття інших заходів цивільного захисту під час виникнення надзвичайних ситуацій. Рішення про евакуацію приймається керівником підприємства або особою, яка його заміщує. Підставою для прийняття рішення про практичне здійснення евакуаційних заходів є фактичні показники стану довкілля у випадку надзвичайної ситуації та відповідне рішення Кабінету Міністрів України, органів місцевої державної влади, територіальних органів ДСНС.

У разі евакуації на керівника підприємства покладається:

планування й проведення евакуації працівників;

контроль за плануванням, підготовкою й проведенням евакуаційних заходів;

визначення та підготовка безпечного району для розміщення евакуйованих працівників.

Ширина шляхів евакуації прийнята не менше 1 м, дверей не менше 0,8 м. Відкриття дверей на шляхах евакуації передбачено у бік найближчого евакуаційного виходу, висота проходів і дверей не менше

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



2м. Двері на сходові клітки, провідні в коридор і назовні, що самозакриваються з ущільненням в притворах. Вихідні двері з котельного приміщення відкриваються назовні.

На видимих і досяжних місцях, ближче до виходів з приміщень встановлені пожежні щити для розміщення первинних засобів пожежогасіння: ручних вуглекислотних вогнегасників ОУ-5 ГОСТ 7276-77, ящики з піском, місткістю 1 м<sup>3</sup>, лопати, лому, багра, сокири, щільної повсті розміром 2х1,5 м.

### 7.3.3 Пожежна безпека

В котельних небезпека виникнення пожеж пов'язана з наявністю великих кількостей палива (природного газу), різних масел в системах змащування технологічного устаткування і в електротехнічних установках; споживачів електроенергії власних потреб різної потужності і напруги; високих температур теплоносія, газів, поверхонь технологічного устаткування і трубопроводів.

Таким чином, джерела пожежі в котельній:

іскри, що утворюються при коротких замиканнях;  
нагрів електроустаткування при його перевантаженні;  
вибух в результаті витоку газу.

Причиною пожежі в котельному відділенні може служити:

самозагорання масла в системах охолодження і змащування  
спалах газоповітряної суміші в котлі.

Будівля котельної виконується з матеріалів, що не згоряють, з важкоспалимим утеплювачем. Для внутрішнього облицювання приміщень застосовують матеріали, що не згоряють.

Виробничий режим будівлі котельної згідно з ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», додаток А:

по ступеню пожежної і вибухо-пожежної небезпеки будівля відноситься до категорії "Г";

ступінь вогнестійкості - II;

клас відповідальності - П.

Приміщення головного і блокового щита управління:

категорія приміщення –Д

мінімальний ступінь вогнестійкості II.

Приміщення хімводоочистки :

категорія приміщення – В

мінімальний ступінь вогнестійкості –II

клас по вибухо і пожежонебезпеки згідно ПУЕ - П-Па .

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Технічні рішення системи запобігання пожежі направлені на запобігання утворення горючого середовища і недопущення виникнення джерел запалення:

для продування газопроводів передбачені продувочні свічки і штуцери із запірними органами і заглушками для підведення продувочного агента. Обмін забезпечується п'ятикратний не більше ніж за 20 хвилин. Трубопроводи для продування газопроводів виводяться назовні в місце забезпечуючи умови розсіювання газу на 1 м вище за коника будівлі. Проектом передбачені продувочні свічки;

застосування для горючих речовин герметичного устаткування; для цього газопроводи виконуються тільки з безшовних або електрозварних труб.

арматура застосовується сталева 1 класу герметичності по ГОСТ 5781-82.

на газопроводах встановлюються: засувка з електроприводом, штуцер для продування, швидкодійний замочний орган з дистанційним електричним і ручним керуванням.

в нижній точці газопроводу встановлюється дренажний штуцер із замочним органом і пристроєм для установки заглушки. Газопровід забарвлюється в жовтий колір з червоними кільцями.

передбачена захисна оболонка електроустаткування (електродвигуни насосів, димососів, вентиляторів); ступінь захисту оболонки IP54. Електродвигуни приводів насосів і вентиляції виконані у вибухозахищеному виконанні

блискавкозахист виконаний за III категорії. В якості блискавкоприймача використовується існуюча димова труба котельні висотою 60 м.

на щит управління виводиться пожежна сигналізація, інформація про тиск повітря і палива, про спрацьовування технологічних захистів, свідчення газоаналізаторів.

застосовуються установка на газопроводах металевих П-образних компенсаторів і вигинів.

захист від прямих ударів блискавки димової труби здійснюється шляхом приєднання її до штучного заземлення;

захист від прямих ударів блискавки по зовнішніх наземних металевих комунікаціях здійснюється шляхом приєднання їх до заземлення.

При наявності запаху газу, пожежі або виникненні іншої НС негайно зробити зупинку пальника, після чого викликати представників відповідних аварійних служб. Електромонтажні роботи вести відповідно діючих ПУЕ , "Електротехнічним обладнанням" СНиП 3.05.06-85, ДБН В.2.5-56-2014.

Всі металеві частини електрообладнання, які нормально не перебувають під напругою підлягають заземленню ( зануленню ).

Всі роботи по влаштуванню занулення виконати відповідно до діючих ПУЕ.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для підвищення рівня пожежної безпеки використовується автоматична система пожежної сигналізації, виконана відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014.

Кількість, розташування та умови зберігання вогнегасників відповідно до ДСТУ 3675-98 та ISO 3941-2007.

#### **7.4 Висновки з розділу 7**

В цьому розділі були описані рішення по охороні праці при роботі з обладнанням під тиском та дії персоналу в разі надзвичайної ситуації.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						98
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ВИСНОВКИ

Завдання даної магістерської дисертації модернізація котельні з метою безперебійного виконання робочого процесу. в місті Вишневе. Проект виконано у відповідності до технічного завдання. Технічні рішення запропоновані у проекті приймалися виходячи з надійності, ефективності та безвідмовності.

Першим етапом роботи була розрахована теплова схема котельні. Потім за отриманими витрат пари і води було підібрано відповідне основне і допоміжне обладнання.

Котельня обладнана двома паровими котлами: виробництва котлобудівного заводу *BBS, GmbH* (Німеччина) типу *HD4000-10*, паропродуктивністю 4 т/годину кожний. Відповідно до заданими додатковими тепловими навантаженнями загальне навантаження на котельню складала:

- витрата пара - 4.0 т / ч.

Було проведено розрахунок димової труби. Так як котли працюють на примусовій тязі, розрахунок проводився виходячи з розсіювання шкідливих викидів в атмосфері. Висота димової труби складала 60м.

Як устаткування були обрані парові котли, установка водопідготовки і насосне обладнання, пилосадітельние пристрої, тягодуттьові пристрої. Також був проведений розрахунок і вибір теплообмінних апаратів.

У розділі водопідготовки представлена схема підготовки води для підживлення тепломережі за допомогою На-катіонітних фільтрів. Також представлена унікальна схема знекиснення підживлювальної води електронно-іонообмінним методом.

У даній магістерській роботі розглянуті питання охорони праці з безпеки експлуатації спроектованої котельні, з гігієни праці та виробничої санітарії, з пожежної безпеки та санітарії, що забезпечують безпеку роботи.

Зроблено економічний розрахунок. Рентабельність від будівництва котельні становить 22,3%. Термін окупності - 2,9 року.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алабовский, О.М. Проективання котелень промислових підприємств: курсове проектування з елементами САПР: навч. посібник для студентів вузів із спец. «Промислова теплотехніка» / О.М.Алабовський, М.Ф.Боженко, Ю.В.Хоренженко. – Київ : Вища школа, 1992. – 207 с.
2. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. - Київ: Політехніка, 2004. - 192 с.
3. ДСТУ-Н Б В.2.6. –27: 2010. Будівельна кліматологія. Чинний від 2011 –11–01. – К. : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 130 с.
4. Краснощеков Е.А. Задачник по теплопередаче: учебное пособие для вузов / Е.А. Краснощеков , А.С. Сукомел – М.: Энергия, 1980 – 287с.
5. Сборник задач по основам гидравлики и теплотехники: учеб. пособие для техникумов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.:Энергия, 1979.-240 с., ил.
6. Николаев А.А. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей /А.А. Николаев – М.: Издательство литературы по строительству, 1965 – 360с.
7. Богословский В. Н. Отопление и вентиляция: учебник для вузов./ В.Н. Богословский, В.П. Щеглов, Н. Н Разумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1980 – 295с., ил.
8. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для втузов по спец. "Пром. теплоэнергетика" / Е. Я. Соколов. - 4-изд., перераб. - М.: Энергия , 1975. - 376с.: ил. - Библиогр.:с. 369-371.
9. Grundfos каталог обладнання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://product-selection.grundfos.com> (15.11.20).
10. Каталог обладнання для опалення та водопотсачання [Електронний ресурс]. – <http://www.ktto.com.ua/water/brh/18> (15.11.20).
11. Розробка стартап-проектів: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальностей 151 – «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» та 152 – «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» / О. А. Гавриш, К. О. Бояринова, К. О. Копішинська; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,88 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 188 с.
12. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електро-установок споживачів. Чинні від 1998–02–20. – К. : Держнаглядохоронпраці, 1998. – 27 с.
13. ДСТУ Б.В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою Чинний від 2017 –01–01. – К. : Мінрегіон України, 2016. – 27 с.

					ТП 91мп 52 02 ПЗ	Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан теплоенергетичного  
факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_  
(підпис) Євген. ПИСЬМЕНІЙ  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Технічний директор  
«ТОВ Теплополіс»  
(назва підприємства, організації)

\_\_\_\_\_  
(підпис) О.В. САВЧЕНКО  
(ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на проектно-конструкторську розробку

«Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області»

*1. Термін виконання роботи*

Початок – 01.09. 2020 р.

Закінчення – 26.10. 2020 р.

*2. Обґрунтування для виконання роботи*

В наявній котельні встановлені чотири парові котли типу Е-1/9Г (МЗК-7). У зв'язку з закінченням терміну експлуатації котлів, та складністю в їх обслуговуванні необхідна реконструкція котельні – заміна на нові, більш потужні котли. Дана обставина потребує розробку теплової схеми котельні з відповідними розрахунками обладнання.

*3. Мета роботи*

Реконструкція котельні з метою безперебійного забезпечення паром, потреб м'ясо-комбінату.

#### 4. *Зміст основних етапів виконання роботи*

Розрахунки теплової схеми котельні.

Вибір основного та допоміжного обладнання котельні.

Водопідготовка котельні.

Газопостачання котельні.

Аеродинамічні розрахунки газового тракту котельні.

Графічний матеріал:

- теплова схема котельні;.

- розміщення обладнання та трубопроводів в котельні;

- газопостачання котельні;

#### 5. *Матеріали, що подаються після закінчення роботи*

5.1. Пояснювальна записка (текстова частина магістерської дисертації).

5.2. Креслення.

5.3. Довідка про впровадження результатів.

#### 6. *Порядок розгляду і приймання роботи*

Результати роботи розглядаються на засіданні ЕК із захисту атестаційних робіт освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика», освітньо-професійною програмою «Промислова та муніципальна теплоенергетика і енергозбереження».

Керівник роботи

Виконавець

Студент гр. ТП-91мп

ТЕФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського

\_\_\_\_\_  
(підпис)      доц. П.О. БАРАБАШ  
(посада, ініціали, прізвище)

\_\_\_\_\_  
(підпис)      Д.І. НОВІЦЬКИЙ  
(ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Технічний директор  
«ТОВ Теплополіс»  
(назва підприємства, організації)

\_\_\_\_\_  
(підпис)      О.В. САВЧЕНКО  
(ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.

**АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ**

результатів магістерської дисертації  
студента КПІ ім. Ігоря Сікорського Новіцького Дмитра Івановича

Результати магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра студента теплоенергетичного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського Новіцького Д.І. на тему «Модернізація парової котельні м'ясо-комбінату у м. Вишневе, Київської області» упроваджені в представництві «ТОВ Теплополіс» в частині розрахунків теплової схеми котельні, розрахунків та вибору основного та допоміжного обладнання котельні, розрахунків та вибору обладнання водопідготовки, аеродинамічного розрахунку газового тракту, розрахунків та вибору обладнання системи газопостачання.

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)      П.О. БАРАБАШ  
(ініціали, прізвище)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 р.



Додаток В

Результати перевірки на академічний плагіат



Ім'я користувача:  
Боженко Михайло Федорович

ID перевірки:  
1005442991

Дата перевірки:  
13.12.2020 12:00:29 ЕЕТ

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
13.12.2020 12:02:28 ЕЕТ

ID користувача:  
100005082

Назва документа: МДП Новіцький а

Кількість сторінок: 69 Кількість слів: 12514 Кількість символів: 80743 Розмір файлу: 1.35 MB ID файлу: 1005733857

## 5.86% Схожість

Найбільша схожість: 1.05% з джерелом з Бібліотеки (ID файлу: 1005674190)

3.7% Джерела з Інтернету 173 ..... Сторінка 71

4.76% Джерела з Бібліотеки 153 ..... Сторінка 74

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0.6% Вилучень

Деякі джерела вилучено автоматично (фільтри вилучення: кількість знайдених слів є меншою за 10 слів та 0%)

0.14% Вилучення з Інтернету 133 ..... Сторінка 75

0.56% Вилученого тексту з Бібліотеки 310 ..... Сторінка 76

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи 299

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Маса кг	Примітка
K 1.1	HD4000-10-020d-01	Котел паровий з економайзером	2	15000	
K 1.2	BBS GmbH	паропродуктивність, т/годину - 4			
	Німеччина	$P_{роб}$ , МПа – 0.8			
K 2.1	G10/1-D ZMD	Пальник газовий в комплекті з	2		
	Weishaupt	газовою арматурою			
	Німеччина	теплова потужність, кВт -			
		700-3950			
K 3	Завод котельного обладнання	Бак деаераторний	1		
		ємність, м <sup>3</sup> - 7.0			
K 4	EG 700-010-01	Колонка деаераційна	1		
	BBS GmbH	продуктивність, т/годину - 8.0			
	Німеччина				
K 5.1	CR 5-22	Насос живильної води котла K1.1	2	67,3	1-рез.
	Grundfos	подача, м <sup>3</sup> /годину- 5			
	Німеччина	напір, МПа - 1,35			
		з електродвигуном N, кВт – 4.0			
K 5.2	CR 5-22	Насос живильної води котла K1.2	2	67,3	1-рез.
	Grundfos	подача, м <sup>3</sup> /годину- 5			
	Німеччина	напір, МПа - 1.35			
		з електродвигуном N, кВт - 4.0			
A 6	Culligan	Установка водоочищення	1		
	продуктивність 10 м <sup>3</sup> /годину	продуктивність, м <sup>3</sup> /годину - 10			
		у складі:			
A 6.1	Hi – Flo 2 HB 135	На - катіонітний фільтр	4		
		I ступеня			
A 6.2		Бак розчину солі	4		

					ТП 91мп 52 02 ТМК			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Котельня. Розташування обладнання і трубопроводів		
Студент		Новіцький						
Керівник		Барабаш						
Н. Контр.		Боженко						
П. Контр.								
Зав. каф.		Варламов.				Стадія МДп КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ		
						Аркуш 1 Аркушів 5		

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса, кг	Приміт ка
A 6.3	Hi – Flo 2 HB 45	На - катіонітний фільтр II ступеня	4		
A 6.4		Бак розчину солі	4		
A 6.5	Filtr - Card	Фільтр картриджний Ф165	2		
K 8	OB - 2	Охолоджувач випару	1		
K 9	CR 16 - 50	Насос підвищуючий	2		
	Grundfos	подача, м³/годину- 16	2	87.3	1-рез.
	Німеччина	напір, МПа - 0.5			
		з електродвигуном N, кВт - 5.5			
1	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	1	74	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN150			
2	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	5	34	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN100			№ 1 – 3 шт.
3	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	1	22,4	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN80			
4	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	2	16,3	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN65			
5	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	1	6,3	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN32			
6	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	7	4,6	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN25			№ 1 – 5 шт.
7	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	3	3,9	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN20			№ 1 – 2 шт.
8	Fig. 229	Вентиль запірний фланцевий	10	3,2	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"	PN1.6 DN15			№ 1 – 5 шт.
9	15кч18п	Вентиль запірний PN1.6 DN20	12	0,7	
10	15кч18п	Вентиль запірний PN1.6 DN15	20	0,9	
ТП 91мп 52 02 ТМК					Арк..
Зм..	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
					2

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса, кг	Приміт ка
15	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN65	1	10,4	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
16	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN50	9	7,2	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
17	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN40	4	5,5	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				№ 1 – 2 шт.
18	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN32	8	4,4	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				№ 1 – 4 шт.
19	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN25	2	3,2	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
20	Fig. 563	Затвор кульовий PN1.6 DN20	2	2,3	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				№ 1 – 1 шт.
22	Fig. 287	Клапан зворотний PN1.6 DN50	1	9,5	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
23	Fig. 287	Клапан зворотний PN1.6 DN32	4	5,5	у т. ч. з котлом
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				№ 1 – 2 шт.
24	Fig. 287	Клапан зворотний PN1.6 DN25	1	3,8	
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
25	RK 86	Клапан зворотний PN4.0 DN32	4	0,8	у т. ч. з котлом
					№ 1 – 2 шт.
26	RK 86	Клапан зворотний PN4.0 DN50	1	1,8	
30	ARI - SAFE	Клапан запобіжний пружинний	2	20,0	у т. ч. з котлом
		PN1.6 DN40/65			№ 1 – 2 шт.
31	ARI - SAFE	Клапан запобіжний пружинний	1	39,0	
		PN1.6 DN65/100			
32	RK 76	Клапан вакуумний PN1.6 DN32	1		
35	5801, A 11	Редуктор тиску пари PN1.6 DN40	1		
36	MV 5291	Вентиль регулюючий	2	17,0	у т. ч. з котлом
		з сервомотором PN4.0 DN32			№ 1 – 1 шт.
Зм..	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
ТП 91мп 52 02 ТМК					Арк..
					3

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса, кг	Примітка
37	BAE 36	Вентиль регулюючий PN4.0 DN20	2		у т. ч. з котлом № 1 – 1 шт.
38	MPA 46	Клапан швидкодіючий з мембранним приводом PN4.0 DN25	2	17,5	у т. ч. з котлом № 1 – 1 шт.
39		Клапан магнітний управління мембранним приводом ½"	2		у т. ч. з котлом № 1 – 1 шт.
40		Клапан магнітний PN1.6 DN50	1		
42	Fig. 821	Фільтр сітчастий PN1.6 DN65	1		
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
43	Fig. 821	Фільтр сітчастий PN1.6 DN50	2		
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
44	Fig. 821	Фільтр сітчастий PN1.6 DN40	4		у т. ч. з котлом № 1 – 2 шт.
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
45	Fig. 821	Фільтр сітчастий PN1.6 DN15	2		у т. ч. з котлом № 1 – 1 шт.
	Завод-виготовлювач "Zetkama"				
46		Конденсатовідвідник PN1.6 DN25	1		
47	CONA S	Конденсатовідвідник PN1.6 DN40	1		
48	КВБ - 10	Лічильник води DN40 t=40°C	2		
49		Охолоджувач відбору проб	3		
50	22/2000, ME 400	Показчик рівня PN4.0 DN20	2		у т. ч. з котлом № 1 – 1 шт.
51	GNR, ME 800	Показчик рівня DN15	1		
TI	ЗК4-1-1-95 Уст.01-10-20-10	Закладна конструкція ТМ4-1-6-95	2		
ТPI	ЗК4-1-1-95 Уст.01-14-20-10	Закладна конструкція ТМ4-1-1-95	8		
PI3	ЗК14-2-1-01 У1а	Відбірний пристрій тиску ТМ14-2-1-01 Уст.У1-7	10		
PI5	ЗК14-2-3-01 У3а	Відбірний пристрій тиску ТМ14-2-3-01 Уст.У1	2		
ТП 91мп 52 02 ТМК					Арк..
Зм..	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата
					4

[illegible]

## ВІДОМІСТЬ МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Примітка
1	A4		Завдання на магістерську дисертацію	2	
2	A4	ТП 91мп 52 02 ПЗ	Пояснювальна записка	98	
3	A1	ТП 91мп 52 02 001 ТМК	Схема теплова	1	
4	A1	ТП 91мп 52 02 002 ТМК	Компоновка обладнання План 1-1, 2-2	1	
5	A1	ТП 91мп 52 02 003 ТМК	Компоновка обладнання Розрізи 1-1, 2-2	1	
6	A1	ТП 91мп 52 02 004 ТМК	Розташування трубопроводів. План сумісний	1	
7	A1	ТП 91мп 52 02 005 ТМК	Розташування трубопроводів. Розріз А-А	1	
8	A1	ТП 91мп 52 02 006 ТМК	Газоходи. План на відм. +2,750. Розріз 1-1	1	
9	A1	ТП 91мп 52 02 001 ГПВ	Схема газопроводів	1	
10	A1	ТП 91мп 52 02 002 ГПВ	Розташування газопроводів. План на відм. +2,750. Розріз 1-1	1	
12	A4	ТП 91мп 52 02 001 ТМК	Специфікація	3	

				ТП 91мп 52 02		
	ПІБ	Підп.	Дата			
Студент	Новіцький			Відомість магістерської дисертації	Аркуш	Аркушів
Керівн.	Барабаш					1
					КПІ ім. Ігоря Сікорського, ТЕФ, Кафедра ТПТ,	
Н.контр.	Боженко					
Зав.каф.	Варламов					